



**ANA LUÍSA  
SOSA AGUIAR**

**CONCEPTUALIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE APOIO  
AO PLANEAMENTO PRODUTIVO**



**ANA LUÍSA  
SOUSA AGUIAR**

## **CONCEPTUALIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE APOIO AO PLANEAMENTO PRODUTIVO**

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Leonor da Conceição Teixeira, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico aos meus pais pela paciência que tiveram neste meu percurso.

## **o júri**

presidente

Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira  
Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Luís Miguel Cândido Dias  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Prof<sup>a</sup>. Doutora Leonor da Conceição Teixeira  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

**agradecimentos**

Gostava de agradecer à Sakthi Portugal, SA pela oportunidade, apoio, partilha e acima de tudo pela confiança que têm vindo a demonstrar.

**palavras-chave**

Sistemas de Informação; UML; Fundição; Planeamento Produtivo; Sistemas Produtivos.

**resumo**

O presente projeto, que decorreu no âmbito da empresa Sakthi Portugal, SA, surge com a necessidade de resolver os problemas associados ao processo de planeamento produtivo, problemas esses que derivam da dificuldade em recuperar informação em tempo real, quando tal é necessário. Pois, o processo de partilha de dados na organização, desde do setor produtivo até à expedição, revelou não ser o mais adequado. Como tal, e na tentativa de resolver aqueles problemas, após um estudo aprofundado dos fluxos de informação na organização associados ao processo de planeamento, entendeu-se que a solução passava pela criação/adoção de um Sistema de Informação Integrado (SII) que permitisse o registo de todos os dados e facultasse a recuperação da informação em tempo real, por forma a suportar a tomada de decisão por parte das pessoas envolvidas. Neste sentido, o presente projeto pretendeu dar um contributo para aquela solução, tendo como objetivo o estudo e conceptualização do referido SII, apresentando o resultado em torno de três subsistemas: o subsistema da produção; o subsistema do planeamento e, por último, o subsistema de expedição.

**keywords**

Information Systems; UML; Foundry; Production Planning; Production Systems

**abstract**

This project, which took place within the company Sakthi Portugal, SA, emerges with the need to solve the problems associated with the production planning process, problems that derive from difficulty in retrieving information in real time, when necessary. The process of sharing data across the organization, from the productive sector to the expedition, turned out not to be the most appropriate. As such, and attempting to solve those problems, after a detailed study of information flows in the organization associated with the planning process, it was understood that the solution was the creation / adoption of an Integrated Information System (IIS) to allow the record of all data and give retrieval of information in real time in order to support the decision taken by the persons involved. In this sense, this project intended to contribute to that solution, aiming at the study and conceptualization of IIS referred, presenting the results into three subsystems: the subsystem of production, the planning subsystem and, finally, the subsystem shipping.

## Índice

Lista de Figuras .....	2
Lista de Tabelas .....	3
Capítulo 1    Introdução, Objetivos e Estruturação .....	4
Capítulo 2    Revisão Bibliográfica .....	7
2.1    Sistemas de Produção .....	8
2.1.1    Caracterização dos sistemas de produção.....	8
2.1.2    Classificação da produção .....	8
2.1.3    Estratégia da produção e flexibilidade.....	12
2.2    Planeamento Produtivo .....	14
2.2.1    Estratégias de planeamento .....	16
2.2.2    Tipos de planeamento .....	17
2.2.3    Programação da Produção .....	18
2.3    Sistemas de Informação .....	21
2.3.1    Classificação dos Sistemas de Informação .....	23
2.3.2    Modelação dos Sistemas de Informação .....	25
Capítulo 3    Estudo e conceptualização de um sistema de apoio ao planeamento produtivo no contexto da empresa Sakthi Portugal, SA .....	30
3.1    Descrição da empresa e processo produtivo – Sakthi Portugal, SA .....	31
3.1.1    Processo de produtivo – Sakthi Portugal, SA.....	32
3.1.2    Famílias de Produtos e Carteira de Encomendas .....	37
3.1.3    Estratégia de programação e tratamento de encomendas .....	38
3.1.4    Sistema de informação existente para ajuda ao planeamento.....	39
3.2    Contextualização do problema e sua descrição em torno do processo produtivo	40
3.3    Especificação da solução .....	46
Capítulo 4    Conclusões & Bibliografia .....	55
4.1    Conclusão.....	56
4.2    Bibliografia .....	56



## Lista de Figuras

Figura 1 : Produção contínua	10
Figura 2 : Produção Descontínua	10
Figura 3 : Planeamento - Fluxo de informação	15
Figura 4 : Estrutura de produtos (BOM)	16
Figura 5 : Estrutura representativa de um MRP	19
Figura 6 : Funções de um sistema de informação	22
Figura 7 : Tipos de Sistemas de Informação	23
Figura 8: Fases e tarefas do processo de desenvolvimento de um Sistema de Informação	26
Figura 9 : Diagramas UML	27
Figura 10 : Exemplo de um Diagrama de Use Cases	28
Figura 11 : Exemplo de um Diagrama de Classes	28
Figura 12 : Mapa de localização dos clientes da Sakthi	31
Figura 13 : Layout geral da empresa	32
Figura 14 : Layout Fusão	33
Figura 15 : Layout Moldação	34
Figura 16 : Layout Macharia	35
Figura 17 : Layout Acabamentos Disa	36
Figura 18 : Layout Acabamentos G+F	36
Figura 19 : Exemplo da carteira de encomendas do sistema de informação da Sakthi Portugal, SA (MULTI)	40
Figura 20: Exemplos de produtos Sakthi	42
Figura 21 : Layout com fluxos produtivos	43
Figura 22: Layout de filas FIFO e supermercados	45
Figura 23: Integração dos subsistemas no sistema central	47
Figura 24 : Use Cases - Subsistema Produção	49
Figura 25 : Use Case - Subsistema Planeamento	51
Figura 26 : Use Case - Subsistema Expedição	52
Figura 27 : Diagrama de Classes	53

## Lista de Tabelas

Tabela 1 : Tipos de Produção .....	13
Tabela 2 : Planeamento a Longo Prazo .....	16
Tabela 3 : Planeamento a Médio Prazo .....	17
Tabela 4 : Planeamento a Curto Prazo .....	17
Tabela 5 : Identificação de <i>Use Cases</i> por ator (Produção) .....	47
Tabela 6 : Identificação de Use Cases por ator (Planeamento) .....	50
Tabela 7 : Identificação de <i>Use Cases</i> por ator (Expedição).....	51

## **Capítulo 1    Introdução, Objetivos e Estruturação**

Até ao início da década de 70 havia um preconceito generalizado nos meios industriais de que os produtos conformados por solidificação (fundição) apresentavam qualidades metalúrgicas inferiores às dos produtos conformados por deformação mecânica (laminagem, extrusão, forjamento). No entanto, nas últimas décadas, a tecnologia desenvolveu-se muito com a criação de novas técnicas de moldagem e fusão e, ainda, com o desenvolvimento de novos materiais e ligas especiais. (Campos e Davies, 1978)

Este desenvolvimento trouxe uma necessidade acrescida de melhorias nas áreas da flexibilidade e avaliação de capacidades produtivas por partes das organizações. Os sistemas de produção têm um papel muito importante na definição de estratégias operacionais e é o responsável pelo planeamento produtivo que gere diariamente estas áreas, devendo ser capaz de juntar essa gestão à garantia de satisfação dos pedidos dos clientes.

Este trabalho inicia-se quando a empresa do sector da fundição, Sakthi Portugal, SA, procura uma resposta para os problemas recorrentes no seu processo de planeamento produtivo. Depois de uma análise ao sistema produtivo e ao processo de planeamento da empresa, notou-se que a grande parte dos problemas surgem por haver uma partilha de dados pouco eficiente. O modelo adotado para a inserção dos dados da produção não corresponde ao que seria espectável, uma vez que tem de passar por duas fases. Numa primeira fase os dados são armazenados pelo operador e apenas numa segunda fase, no final de cada turno de 8 horas, é que há a inserção desses dados no sistema de informação. Também na gestão da carteira de encomendas há um problema semelhante. A complexidade do sistema de informação integrado levou à utilização de ficheiros paralelos de atualização diária, deixando o carregamento de dados no sistema integrado para segundo plano. Por fim, e ainda relacionado com os dados tratados pelo planeamento, notou-se a dificuldade da gestão das expedições. O sistema de informação integrado existente não tem qualquer módulo ou subsistema que permita coordenar as entradas e saída do armazém de produto acabado. Este facto impossibilita a fácil criação de horários pré-definidos (janelas horárias) para cargas e descargas, criando filas de espera.

Foi com o intuito de encontrar uma solução para aqueles problemas que se conceptualizou um sistema integrado de gestão de informação, por forma a apoiar a tomada de decisão no âmbito das atividades no sector de planeamento e expedição.

O presente documento descreve o trabalho levado a cabo no âmbito do projeto acima referido, encontrando-se estruturado em 4 secções, sendo que na presente secção, lê-se uma pequena introdução ao tema que vai ser desenvolvido, assim como a definição dos objetivos deste trabalho (Capítulo 1). A segunda secção faz um enquadramento aos temas em estudo (Capítulo 2), abordando os sistemas de produção, o planeamento produtivo e os sistemas de informação. Avançando para a terceira secção, ou Capítulo 3, encontra-se a contextualização do problema, a sua descrição e especificação de uma possível solução. Para a contextualização do problema foi feita uma breve descrição da empresa onde o projeto decorreu, seguida da descrição mais aprofundada do seu processo de fabrico e planeamento da produção. Na descrição do problema é analisado o processo descrito anteriormente, de forma a serem encontradas as necessidades da empresa. No fim desta secção encontra-se a especificação da solução, onde é conceptualizado um sistema integrado composto por três subsistemas, um ao nível da produção, um ao nível do planeamento e um terceiro ao nível da expedição. Estes subsistemas, quando enquadrados com o sistema de informação integrado, deverão apoiar de forma mais eficaz, a tomada de decisão no âmbito das atividades no sector de planeamento e expedição. Por último a secção 4, onde serão apresentadas as conclusões ao trabalho desenvolvido.

## **Capítulo 2    Revisão Bibliográfica**

## **2.1 Sistemas de Produção**

Os sistemas de produção têm um papel muito importante na definição de estratégias operacionais por parte de uma organização. A sua configuração varia de acordo com as tecnologias disponíveis na organização, os produtos produzidos e os processos utilizados e tem como objetivo maximizar a eficiência do processo produtivo.

### **2.1.1 Caracterização dos sistemas de produção**

Segundo Kumar, S. A. e Suresh, N. (2009), o sistema de produção é a parte da organização, responsável pela produção dos artigos. É a atividade onde os recursos, fluindo dentro de um sistema definido, são combinados e transformados de maneira controlada, para adicionar valor de acordo com as políticas definidas pela administração.

Os sistemas de produção são caracterizados fundamentalmente tendo em conta dois fatores, o tipo de tecnologia utilizada e o tipo de produtos produzidos ou transformados, e a sua gestão tem em linha de conta os objetivos gerais de qualquer indústria, a satisfação do cliente e a maximização da eficiência da produção.

Um sistema de produção pode classificar-se consoante a perspetiva que o gestor tem da sua empresa e do seu processo produtivo. Assim, pode-se encontrar casos de classificações pela quantidade de produto obtido no fim de linha, pelo tipo de implementação física do próprio sistema, pela continuidade do processo de produção e ou, pela relação que o sistema permite ter com os seus clientes.

### **2.1.2 Classificação da produção**

Quando a classificação é feita em termos de quantidades produzidas, pode-se encontrar várias tipologias, que vão desde a produção orientada à produção unitária até à produção orientada para a produção em massa. A produção unitária é feita em pequenas quantidades e para uma gama extensa de produtos, já a produção em massa é feita para uma gama muito reduzida de produtos mas em quantidades muito elevadas. Num estado intermédio entre estas duas tipologias encontra-se a produção em lotes, onde podem ser

encaixados vários tipos de produtos diferentes mas que podem ser fabricados em quantidades relativamente elevadas.

Se a classificação tiver em conta a implementação física do sistema produtivo (*layout*) podem encontrar-se três tipos fundamentais, os funcionais, em linha e os orientados para o produto.

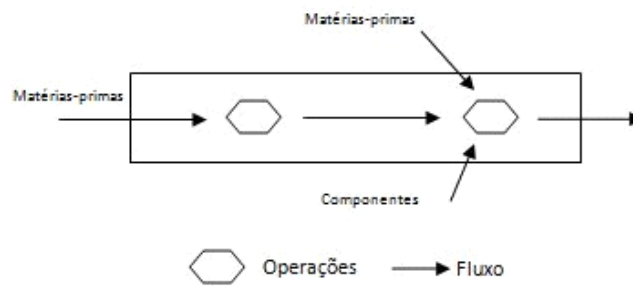
No caso da relação existente entre a quantidade produzida e o número de produtos diferentes a ser produzidos ser elevada, é habitual os sistemas de produção apresentarem um *layout* em linha. Nesta situação os equipamentos produtivos são dispostos em consonância com a sequência das operações existentes na gama de fabrico. Por outro lado, quando a relação existente é baixa, é habitual uma implantação orientada ao processo tecnológico (*layout* funcional), onde se agrupam os equipamentos produtivos tecnicamente semelhantes ou dispendo das mesmas funções. Em situações intermédias, podem ser usadas implementações mistas ou celulares, em que os produtos podem ser agrupados pelas suas similaridades e ser-lhes atribuída uma "célula" com recursos necessários à sua fabricação. Existe ainda o caso da implementação fixa, usada para produções de um produto de cada vez e, onde são as máquinas a deslocar-se ao local de construção do produto.

### **Grau de continuidade do processo**

Em termos de grau de continuidade do processo, podemos encontrar quatro tipos distintos de produção, sendo eles a produção contínua, descontínua, por projeto e a mista.

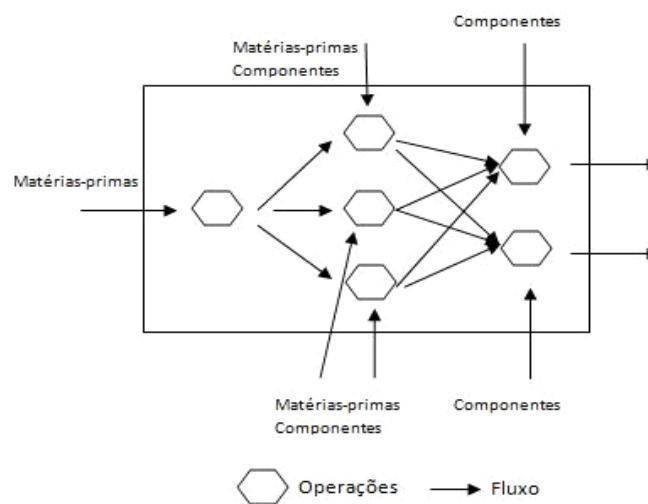
Numa produção contínua (ou em linha) Figura 1, está associada a produções de grandes quantidades de produtos. Esta caracteriza-se pela ausência de pontos intermédios de armazenamento e pelo facto de as várias operações envolvidas na produção do produto estarem a suceder-se de forma contínua, sem paragens ou mudanças de circuito. São normalmente circuitos de flexibilidade muito reduzida e de elevado grau de especialização.





**Figura 1 : Produção contínua**

Quando os volumes de produção são baixos e se tem uma vasta gama de produtos, encontramos normalmente produções descontínuas (Figura 2). Neste caso os vários produtos criam filas de espera nos meios de produção disponíveis, sendo a sua produção efetuada por fases. Este tipo de produção cria algumas dificuldades, nomeadamente quando se pretende saber os *stocks* intermédios em cada uma das fases do processo, assim como o tempo exato de processo de um dado produto. Por sua vez estes fatores originam uma gestão do processo muito complexa, necessitando de sistemas de informação bem concebidos e com grande rigor no controlo do processo e no seguimento das atividades em cada fase. No entanto, este tipo de produção tem a vantagem de ser muito flexível, possibilitando saídas de produto acabado muito diversificadas.



**Figura 2 : Produção Descontínua**

A produção por projeto é apenas utilizada em indústrias que trabalham uma unidade de cada vez, a sequência de operações é contínua mas só acontece uma vez por projeto.

Quando a produção tem no mesmo ambiente fabril produções contínuas e descontínuas diz-se ser produção do tipo misto. Este tipo de produção acontece muito na indústria de produção discreta, dado que na prática, muitas empresas possuem áreas de produção que trabalham simultaneamente com os dois sistemas produtivos.

Dependendo do tamanho dos volumes a serem produzidos e da gama desses produtos, pode haver alguma vantagem em trabalhar-se com dois tipos diferentes de produção.

### **Nivelamento da produção**

Pressões crescentes nos preços têm levado os gestores a concentrarem-se na execução da produção cada vez mais reduzida e eficiente, com *stocks* mínimos. De facto, são cada vez mais as empresas que se apoiam nas metodologias pull ou *make-to-order* (MTO) para minimizar custos e desperdícios. Também o aumento da competitividade das empresas concorrentes tem aumentado a importância do serviço ao cliente. Um elemento importante do serviço ao cliente, é claro, ter itens em *stock* - *make-to-stock* (MTS). No entanto o pretendido é entregar os produtos com rapidez e na data acordada, evitando ao máximo os stocks. (Kaminsky, P. M. e Kaya, O. 2006)

Ainda sobre as metodologias de gestão da produção pode-se encontrar, em casos mais específicos, a montagem por encomenda - ATO (*assembler to order*) e a engenharia por encomenda - ETO (*enginner to order*).

MTS – Como referenciado acima, a produção para *stocks* é feita quando a pressão nas entregas é muito elevada. O cliente quer encontrar o produto quando o procura, e não estar à espera do mesmo. Os produtos têm de ser normalizados e as produções apoiadas apenas em previsões de vendas. (Kaminsky, P. M. e Kaya, O. 2006)

MTO – Quando o prazo de entrega exigido aumenta, o produto pode passar a ser produzido apenas quando existe uma encomenda firme. Este modelo é utilizado quando o produto tem alguma personalização e/ou especificação do cliente; nestes casos, os compromissos são de ambas as partes envolvidas no negócio, para que não seja necessária a manutenção de *stocks*. (Kaminsky, P. M. e Kaya, O. 2006)

ATO – Com o aumento da especificação do produto, o produtor pode desenvolver um processo de normalização de uma parte do mesmo e preparar o seu acabamento

específico apenas quando existe a encomenda firme. O produtor joga assim com prazos de entrega apertados mas tendo capacidade de cumprir as especificações do cliente.

ETO – Por fim, encontram-se os produtos com especificações altamente personalizadas, onde é necessário um grande envolvimento do cliente em todo o processo, passando a fazer sentido utilizar-se um modelo de engenharia por encomenda. Aqui, cada produto é desenvolvido e produzido quando aparece uma encomenda firme do mesmo.

Através destes modelos conseguem-se entender as relações que os clientes têm com os seus fornecedores; quanto maior a sua interação com o desenvolvimento do produto, maior é a especificidade do mesmo e maior se torna o tempo de resposta dado pelo fornecedor.

### **2.1.3 Estratégia da produção e flexibilidade**

Depois de se atravessar uma era onde conseguir atingir níveis de produção muito elevados e preços mais competitivos, chega-se ao tempo em que a flexibilidade ganha expressão no mercado. A vantagem comercial vinha da criação de estruturas de produção em massa, no entanto, o mercado tornou-se cada vez mais instável e o aumento da concorrência e das exigências dos clientes não paravam de aumentar. Entramos assim na era da chamada automatização flexível.

A criação de mercados suficientemente grandes para absorverem a enorme quantidade de mercadorias standardizadas, onde os níveis de produtividade resultam da aplicação de elevados graus de especialização, quer de homens, quer de máquinas, representou a expansão e o predomínio da produção em massa. Contudo, quando o objetivo passa por alcançar níveis elevados de qualidade em gamas de artigos complexos, a exigência muda e a produção tem de acompanhar essa exigência.

Nos nossos dias, a tendência dirige-se para o aumento substancial da produção em pequenas séries altamente especializadas, ou de grandes séries que mantêm um elevado grau de diversificação. Está-se, pois, na presença de um tipo de produção flexível com qualidade.

O mercado passa a ser controlado por parâmetros de adaptabilidade e flexibilidade, controlando assim as incertezas do mercado e dando garantias de uma competitividade não só no preço, mas também na qualidade, desenho e cumprimento de prazos de entrega, permitindo um melhor cumprimento das exigências do cliente.

Conseguem-se visualizar, assim, duas estratégias fundamentais inseridas na Tabela 1, que são identificadas por dois tipos de produção.

**Tabela 1 : Tipos de Produção (Citado por de Paiva, G. (1999), adaptado de Werner Wobbe: "Tecnologia, Trabalho e Emprego")**

<u>Produção em Massa:</u>	<u>Produção Flexível:</u>
Produção de produtos em grandes quantidades;	Produção de produtos de alta qualidade;
Baixo nível de inovação;	Alto grau de inovação;
Concorrência de preços;	Concorrência de qualidade; Individualização e prazos;
Produtos estandardizados;	Produtos variados;
Grandes unidades de produção;	Pequenas unidades de produção;
Organização burocrática (hierarquizada e centralizada);	Organização-flexível (policentrada);
Forte divisão do trabalho;	Fraca divisão do trabalho;
Baixas atividades de Investigação e Desenvolvimento;	Intensa atividade I & D;
Máquinas especializadas;	Máquinas-multifuncionais programáveis;
Operários pouco ou não qualificados;	Operários qualificados;
Especialização de competências;	Polivalência;

“O confronto entre as duas estratégias de produção permite observar, com alguma clareza, que os princípios das organizações clássicas não se coadunam com a nova lógica requerida às empresas, onde o cerne da modernização se traduz pelo desenvolvimento da flexibilidade específica de cada unidade, em associação com novas formas de organização do trabalho.” (Paiva, G. 1999)

Ainda segundo a análise de Paiva (1999), as pessoas passam a ter um papel muito importante nesta nova forma de produzir, a sua capacidade de adaptação aos novos equipamentos flexíveis gera um fenómeno técnico-organizacional complexo e que requer um grande valor humano. São necessários então dois tipos de flexibilidade, operacional e organizacional. A primeira tem como exigência uma direção aberta à participação, onde existam práticas de descentralização, dos níveis produtivos, para se encontrarem possibilidades de enriquecimento de tarefas, trabalhos em grupo e círculos de qualidade. Já a flexibilidade organizacional tem de ser centrada no fator humano, pois exige a aplicação de tecnologias avançadas que implicam interdependência de tarefas, tendo a mão-de-obra de ser qualificada, autónoma, e, consequentemente, valorizada para poder absorver a instabilidade e diferenciação do mercado. Quando uma destas vertentes de flexibilidade se perde no processo, os resultados ficam aquém do esperado. O reforço das vantagens

competitivas passa, assim, pela procura de métodos de gestão adequados às condições socioculturais específicas, que evitem as meras transferências de tecnologia.

### **Produtos complexos**

Diz-se que um produto é complexo quando não pode ser standardizado e quando a definição do seu preço é complexa. Não pode ser standardizado porque as atividades individuais de cada parte do processo produtivo estão diretamente relacionadas e, sendo mal programadas, podem condicionar a entrega ao cliente. A definição do preço é complexa devido à variabilidade de requisitos impostos pelos clientes. Tendo em conta os volumes de produção, requisitos de entrega ou mesmo a relação com o cliente, dois produtos idênticos podem ter preços diferentes.

Um sistema de produção de produtos complexos encontra assim dois grandes centros de dificuldades: a multiplicidade de equipamentos ou ferramentas de produção e a dificuldade de quantificar tempos de ciclos produtivos e níveis de carga dos recursos. Estes fatores são também os que vão dificultar as atividades de planeamento da produção e escalonamentos das atividades produtivas de cada recurso. A complexidade existente, deve-se, no fundo, à quantidade de tarefas com diferentes gamas de processamento e à quantidade de recursos para as processar.

Em suma, um sistema de produção de produtos complexos requer um elevado nível de comunicação e integração de dados que apenas podem ser adquiridos com um sistema de informação bem definido e integrado em todos os sectores fabris.

## **2.2 Planeamento Produtivo**

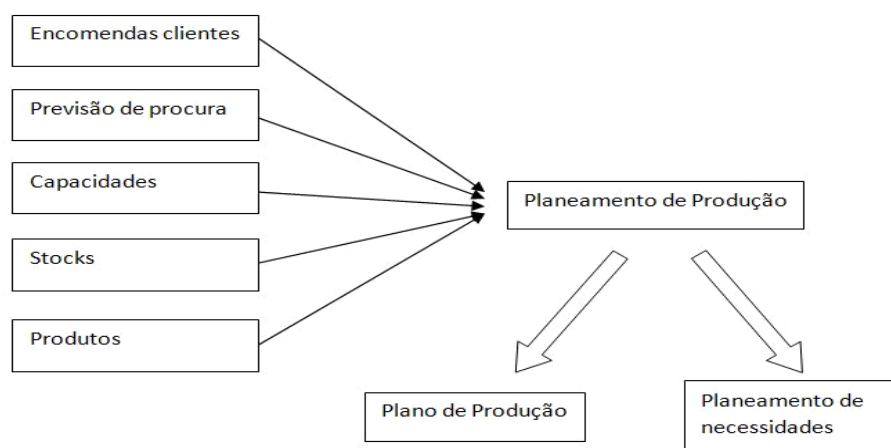
Visto que o projeto que se pretende desenvolver, mais especificamente o sistema integrado de gestão de informação, assenta na componente do planeamento produtivo da empresa, fez-se uma breve abordagem a esta temática.

Tentando definir o que é o planeamento e onde ele se pode inserir na gestão da empresa, encontra-se várias definições e “teorias”. Dado que a sua atenção se encontra focada nas atividades associadas a todo o processo de fabrico do produto, depreende-se que

este está ligado à própria gestão da produção e enquadra todos os recursos diretos da empresa. Entenda-se por recursos diretos os recursos humanos alocados ao processo produtivo, os materiais, as capacidades da planta fabril, os próprios processos produtivos e o seu controlo. No entanto, quando a produção tem muitos fatores imprevisíveis, o planeamento pode passar diretamente pelo departamento que vai ter o contacto com o cliente final, podendo decidir prioridades quando as instabilidades no processo produtivo assim o exigirem.

No âmbito das atividades de planeamento da produção, que na sua generalidade têm a mesma essência em todas as indústrias, pode dizer-se que planear é prever e calendarizar as atividades do processo produtivo da empresa, de forma a esta cumprir com os objetivos de gestão, sem desprezar os objetivos dos clientes. O planeamento tem como objetivo suportar um conjunto de informações que, quando seguidas, vão criar condições para que o produto seja entregue ao cliente na data e quantidade solicitadas.

São inúmeros os dados que têm de estar na posse do sector do planeamento, para que este os possa trabalhar, cumprindo, consequentemente os objetivos. A Figura 3 sintetiza as principais entradas e saídas de informação para a atividade de planeamento.



**Figura 3 : Planeamento - Fluxo de informação**

Juntamente com todos aqueles dados, é necessário ter informação disponível relativa à estrutura do produto e à sua sequência de produção, de forma a garantir um planeamento coerente e estruturado, Figura 4.

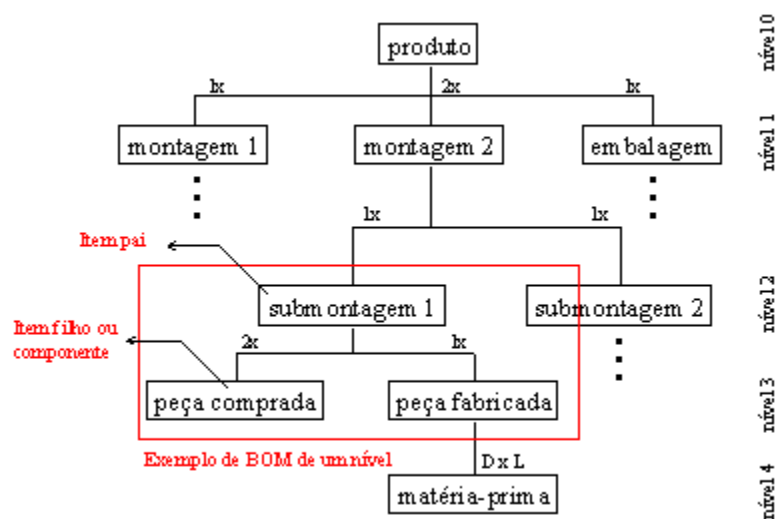


Figura 4 : Estrutura de produtos (BOM)

Num BOM (*Bill of Materials*) é realizada a relação de precedência e quantidades requeridas de subprodutos para a montagem do produto final. Na Figura 4 os itens a serem produzidos são chamados de item pai e os itens que auxiliam a sua produção chamados de filhos ou componentes, estabelecendo assim uma relação pai/filho entre os itens. Estas estruturas são separadas em níveis e em cada nível é descrita uma parte diferente do processo de produção.

### 2.2.1 Estratégias de planejamento

Geralmente são considerados três níveis hierárquicos de planejamento, cada um deles com considerações diferentes, umas estratégicas, umas táticas e por fim as operacionais. O planejamento a nível estratégico é feito a longo prazo, o tático a médio prazo e o operacional a curto prazo. (Assis, R., 2011)

Tabela 2 : Planejamento a Longo Prazo (adaptado de Assis, R. 2011)

LONGO PRAZO – Interação com ambiente económico global			
INPUTS	VARIAVEIS DE DECISÃO	OUTPUTS	OBJ. DO PLANEAMENTO
Objetivos gerais; Previsões gerais; Capital disponível; Concorrência;	Localização de Recursos: - Produtos - Mercados	Planos para aumento/diminuição de capacidades; Planos para novos produtos;	Definição das políticas de investimentos e evolução da

	- Processos	Novas tecnologias; Novos mercados; Novas fábricas e deslocalização;	organização em termos de objetivos a atingir.
--	-------------	--	---

**Tabela 3 : Planeamento a Médio Prazo (adaptado de Assis, R. 2011)**

MÉDIO PRAZO – Planeamento agregado, MPS e RCCP			
INPUTS	VARIAVEIS DE DECISÃO	OUTPUTS	OBJ. DO PLANEAMETNO
Planos de longo prazo; Limites de capacidade atual; Previsões anuais de vendas; Viabilidade de alternativas de produção e custos;	Intensidade do uso dos recursos existentes:  - Níveis de produção - Níveis de stock - Níveis de subcontratos	Planos de produção especificando como satisfazer a procura com os recursos existentes.	Assegurar a utilização mais eficiente da capacidade de produção existente.

**Tabela 4 : Planeamento a Curto Prazo (adaptado de Assis, R. 2011)**

CURTO PRAZO – Controlo das atividades de produção			
INPUTS	VARIAVEIS DE DECISÃO	OUTPUTS	OBJ. DO PLANEAMETNO
Plano de médio prazo; Carteira de encomendas; Prazos de entrega;	Recursos existentes:  - Níveis de produção - Sequência de trabalho	Programas distribuindo o trabalho por secções, turnos, operadores e equipamentos.	Assegurar a satisfação das encomendas dentro dos prazos estabelecidos; Maximizar o rendimento dos meios de produção;

Esta divisão em hierarquias vai de encontro a uma necessidade extrema de reduzir a complexidade do planeamento estrutural e tático num meio fabril complexo. As decisões passam a ser tomadas de modo estruturado e suportadas por todos os níveis da empresa, havendo assim mais possibilidades de otimizações sempre com o suporte dos níveis hierárquicos superiores.

### **2.2.2 Tipos de planeamento**

Como foi dito anteriormente, planear é prever e calendarizar as atividades do processo produtivo. Esta previsão deve ser suportada por modelos, de forma a ser possível



manter-se um planeamento estruturado e coerente em toda a organização. Alguns dos modelos existentes são referenciados neste subcapítulo.

#### Planeamento Agregado:

Estando diretamente associado à fase do planeamento a médio prazo (planeamento tático), este procura o dimensionamento dos recursos produtivos para poder satisfazer os níveis de procura de um produto num período temporal definido (Stevenson, W. J., 2005). Normalmente este horizonte temporal é anual e envolve a estruturação de um plano que responda a esta previsão, combinando os recursos da empresa aos níveis de produção. Com este modelo de planeamento os custos de falta ou excesso de capacidade são previstos e minimizados.

#### *Master Production Scheduling (MPS):*

Segundo Stevenson, W. J. (2005), o plano mestre de produção é gerado diretamente a partir do planeamento agregado, dando origem ao plano de produção, com a definição das capacidades dos recursos e necessidades de materiais e matérias-primas. Faz parte da programação a curto-prazo e converte o plano de necessidades agregadas num plano mais detalhado que especifica as necessidades de produtos individuais.

#### *Rough Cut Capacity Planning (RCCP):*

Ainda segundo Stevenson, W. J. (2005), este planeamento faculta informação relativa às capacidades de alguns recursos críticos e faz-se através da junção das previsões de encomendas de médio e longo prazo com a análise da capacidade instalada. Esta análise permite verificar atempadamente se existe capacidade para o plano previsto e, com isso, tomar decisões estratégicas sustentadas.

### **2.2.3 Programação da Produção**

Segundo Roldão, V. (2002), a programação da produção tem como principais objetivos o cumprimento de prazos de entrega, a redução de tempos de fluxos e a redução de existências em curso. Dentro dos ambientes de programação definidos, a programação para empresas com processos descontínuos é, naturalmente, mais complexa do que a

programação de processos contínuos, devido ao mais elevado número de paragens e consequentes arranques, o *Work-In-Progress* (WIP) e as filas de espera. Da análise das programações de todos os produtos produzidos surge o *layout* fabril da empresa e podem sempre surgir otimizações para o mesmo.

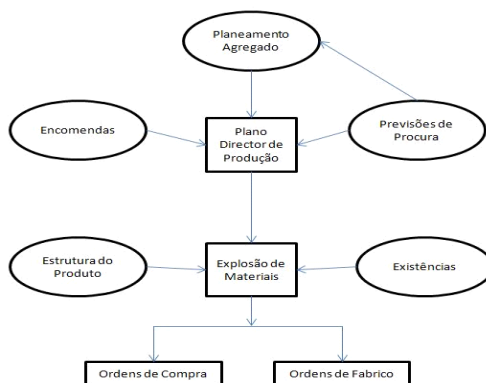
### **Estratégias para a programação da produção**

O cumprimento dos tempos e prazos estabelecidos é o fundamento principal do planeamento e da programação da produção. Trata-se de entregar o produto na quantidade certa, no momento exato e no sítio correto. O *Material Requirements Planning* (MRP) e o *Just-in-Time* (JIT) são os mecanismos mais utilizados para tentar responder a estas questões. (Roldão, V. 2002)

Sobre o MRP, este é um sistema informático de controlo de *stocks* e planeamento da produção (Stevenson, W. J., 2005) que parte das previsões da procura de um dado item e, com base na estrutura de materiais e no tempo de produção, fornece os componentes a produzir em tempo e quantidade. O JIT parte igualmente do cliente final e puxa de uma forma sincronizada as necessidades de produção dos componentes intermédios à medida que vai sendo necessário.

Na sua essência o MRP tem como objetivo melhorar o serviço ao cliente, minimizando as existências e maximizando a eficiência da produção. Na sua filosofia está o conceito de que os materiais devem ser entregues apenas quando a sua falta atrasa o programa global da produção (Roldão, V. 2002).

A estrutura que melhor representa o MRP visualiza-se na representação da Figura 5.



**Figura 5 : Estrutura representativa de um MRP (adaptado de Schroeder 1989)**

O MRP tem início com o planeamento agregado e, com base nas previsões da procura e no MPS, calcula as necessidades líquidas de cada componente, tendo em conta os prazos de entrega. O desenvolvimento do MPS nunca pode esquecer as existências e estruturação do produto (Schroeder 1989).

Dando seguimento ao que é trabalhado num sistema MRP, surgiu o MRP II (*Manufacturing Resources Planing*). Neste modelo são envolvidos, não só as existências mas também todo o conjunto de funções financeiras. Todo o funcionamento da empresa passa a ser controlado pelo mesmo sistema. O ERP (*Enterprise Resource Planning*) é mais um avanço no tipo de sistemas MRP, desta vez do MRP II, e mantém a tendência de se enquadrar em toda a empresa, desde a compra de matéria-prima, à gestão de recursos humanos e à venda do material.

Os sistemas MRP, MRP II e ERP são sistemas do tipo *Push*, sendo que as previsões sobre o nível da procura comandam a gestão de fluxo de materiais no planeamento. (Stevenson, W. J., 2005)

Já os sistemas JIT são considerados sistemas do tipo *Pull*, o cliente é que desencadeia os processos, desde a matéria-prima até ao produto final. Tendo em conta que só se produz o que o cliente pede, há uma consequente redução de custos em armazenamento. O número de fornecedores necessários para a empresa estar em funcionamento é mais reduzido, possibilitando contratos de longo prazo. Havendo menos *stocks*, previne-se possíveis deteriorações dos materiais armazenados, o que elimina a necessidade de um controlo nas expedições, agilizando este processo. O principal objetivo é eliminar as tarefas sem valor acrescentado optando por mudanças rápidas no planeamento em vez de técnicas que pretendem reduzir o número de *setups*. Células irão substituir as linhas de montagem tradicionais. Controles visuais serão frequentemente usados para programar a produção de peças em vez de sistemas como o MRP. Um controle estatístico de processo é usado para garantir que os resultados da produção são consistentes e que se reuniu com os resultados desejados.

É ainda interessante referir o sistema OPT (*Optimized Production Tecnology*), isto porque este difere do MRP, fazendo um controlo do sistema através do reconhecimento dos recursos gargalo, não requerendo assim a utilização de capacidades máximas dos recursos em todos os momentos. O objetivo desta tecnologia é simultaneamente reduzir os

inventários e os custos de operações, e atingindo um movimento contínuo do processo produtivo.

Depois de uma análise ao planeamento produtivo, notou-se que o problema base se encontra na gestão de dados feita pelo sistema de informação da empresa. Assim sendo tornou-se pertinente introduzir a temática dos sistemas de informação e a sua modelação.

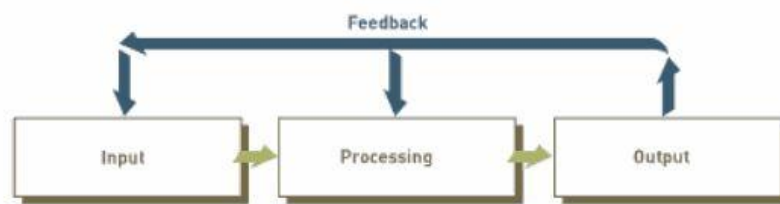
## **2.3 Sistemas de Informação**

De acordo com Bocij, Greasley e Hickie (2008), Sistemas de Informação são os meios pelos quais as organizações e pessoas, usando Tecnologias de Informação, reúnem, processam, guardam, usam e distribuem informação. Um Sistema de Informação de uma empresa pode ser descrito como um sistema que disponibiliza a informação que os gestores necessitam para suportar as suas atividades, atingindo assim os objetivos da empresa.

Kroenke & Hatch (1993) acabam por explicar o conceito no mesmo sentido, definindo os SI como um mecanismo para organizar dados, e, consequentemente, informação, de modo a que se possa tirar maior partido deles. Atualmente, o ponto essencial para suportar estratégias de globalização e reengenharia de processos de negócio passa pelos sistemas de informação, ajudando a obter vantagens competitivas, reduzindo custos e facilitando atingir a diferenciação e inovação.

Já Laudon e Laudon (2006) definem um Sistema de Informação (SI) mais tecnicamente, descrevendo-o como um conjunto de componentes inter-relacionados que recolhem, processam, armazenam e distribuem informação de apoio à decisão e de controlo numa organização.

Uma outra definição que vai muito de encontro à da Laudon e Laudon é a de Stair e Reynolds (2008), que vê os sistemas de informação também como o conjunto de componentes inter-relacionados, inserindo na sua definição os mecanismos de retroalimentação (*feedback*).



**Figura 6 : Funções de um sistema de informação (Stair e Reynolds, 2008)**

Sendo que todo o conjunto representado na Figura 6 está inserido dentro do sistema de informação, define-se então o ‘*Input*’ como a reunião de dados brutos, o ‘*Processing*’ como a conversão e transformação desses dados e o ‘*Output*’ como a junção dos dados tratados no processo para que se crie informação útil. O ‘*Feedback*’ integra todos os pontos anteriores e é o componente que ajuda as organizações a alcançar os seus objetivos, pois permite introduzir mudanças e consequentemente uma melhoria constante.

Para O’Brien e Marakas (2008), um sistema de informação é um conjunto integrado de pessoas, *hardware* e redes de comunicação, que é exposto de maneira organizada, capaz de transformar os dados recolhidos em informações úteis para os gestores, em qualquer tipo de organização. Os recursos necessários para o funcionamento de um sistema de informação bem estruturado passa por *hardware*, *software*, dados, rede e recursos humanos qualificados (operadores e profissionais da área de sistemas).

Procurando uma definição mais específica do que representam os dados e a informação que enquadra o sistema viu-se que Laudon e Laudon (2006) consideram a informação como os dados moldados numa forma que os torne compreensíveis e úteis para os utilizadores do sistema, sendo esses dados os fluxos de matérias-primas que representam factos ou acontecimentos ocorridos nas organizações.

Já Stair e Reynolds (2008) simplificam a definição, dizendo que os dados são apenas factos brutos que isolados não têm qualquer significado, enquanto que informação é uma coleção de factos que, organizados, ganha valor adicional.

Os SI surgiram de uma necessidade de se responder às quatro mudanças que afetaram o ambiente de negócios depois dos anos 80, nomeadamente a globalização, transformação das economias industriais, transformação no ambiente de negócio da organização e aparecimento da empresa digital. Uma vez que, nos anos 80, os administradores não precisavam de saber como era reunida, processada e distribuída a

informação nas suas organizações, a tecnologia envolvida podia ser mínima, a informação não era considerada um recurso importante e o processo administrativo era uma arte pessoal e não uma coordenação global (Laudon e Laudon, 2006).

### 2.3.1 Classificação dos Sistemas de Informação

Para Stair e Reynolds (2008), a estrutura organizacional refere-se às subunidades da organização e à sua relação. Esta estrutura depende sempre dos objetivos da empresa, e pode afetar a forma como os SIs são usados, tendo estes também impacto direto na organização. Uma estrutura hierárquica rígida, dita tradicional, assemelha-se a uma pirâmide administrativa cuja tomada de decisão e autoridade fluem do topo para a base, onde se encontram os operacionais.

Laudon e Laudon (2006) definem os objetivos como interesses e, uma vez que existem diferentes interesses, áreas de atuação e níveis estruturais, existem também, conseqüentemente, vários tipos de sistemas de informação. Assim sendo, nenhum sistema isolado consegue, hoje em dia, providenciar toda a informação que uma organização necessita.

A Figura 7, a seguir, relaciona a aplicação dos tipos de Sistemas de Informação (primeira coluna à esquerda da pirâmide), seus grupos de clientes (linha inferior da pirâmide) e as funções administrativas (na coluna à direita da pirâmide).

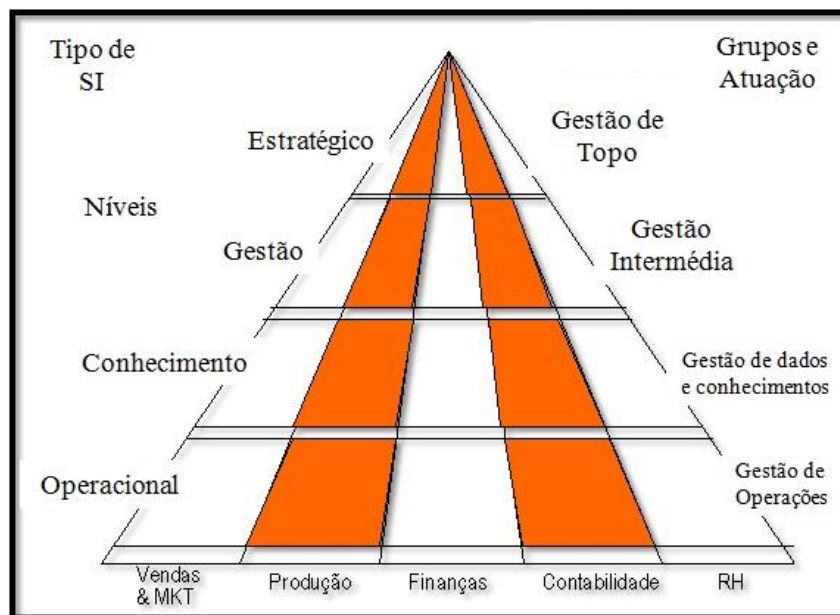


Figura 7 : Tipos de Sistemas de Informação (Adaptado de Laudon e Laudon, 2006)

Iniciando a especificação seguindo a pirâmide de cima para baixo, a nível estratégico os SIs são construídos para ajudar a gestão de topo a delinear estratégias a longo prazo. Quando se desce um nível hierárquico as decisões passam a ser tomada para um médio prazo, tendo os gestores de controlar e monitorizar, para que as suas decisões administrativas os levem aos objetivos delineados para o longo prazo. Ao nível do conhecimento, o SI vai ajudar na integração de novas tecnologias no negócio e auxiliar o fluxo de documentos. Finalmente, na base da pirâmide temos o nível operacional, onde os SIs suportam os gestores operacionais com o acompanhamento de atividades e transações elementares da organização, sendo as perguntas de rotina respondidas, facilmente, fornecendo informações atualizadas e precisas.

Segundo Laudon e Laudon (2006), as mudanças organizacionais, ao nível de normas, valores e cultura, devem sempre acompanhar as mudanças tecnológicas, para que se possa usufruir dos benefícios da própria tecnologia. Estes autores consideram ainda que os sistemas de informação têm um papel determinante na ajuda da deteção do erro por parte dos colaboradores, e auxiliando na resolução dos mesmos.

Como resumo, e segundo Silva e Videira (2001), existe um conjunto de razões que levam as organizações a investir em sistemas de informação. Estas passam pela redução de custos operacionais, possibilitando mais automatização e reformulação de processos e melhorando os desempenhos de operadores e máquinas, aumento da satisfação de requisitos de informação por parte dos utilizadores, e melhor nível de serviço aos clientes, potencializando também novas aquisições.

Davenport, T. H. (1998), diz que, para além de terem implicações estratégicas importante, os sistemas de informação nas empresas também têm impacto direto na sua organização e cultura. Por um lado, asseguram acessos universais e em tempo real a dados operacionais e financeiros, permitindo simplificar a gestão de estruturas, criando organizações mais flexíveis, planas e democráticas. Por outro lado, eles também se envolvem na centralização do controlo da informação e na standardização dos processos.

### **2.3.2 Modelação dos Sistemas de Informação**

A modelação, segundo Silva e Videira (2001), é a arte e ciência de criar modelos de uma realidade. A concretização de algo depende sempre do modelo criado, sendo assim de grande importância garantir que o modelo espelha a realidade pretendida, antes de se tomar a decisão de o implementar. Com a modelação, os vários intervenientes podem partilhar os seus conhecimentos, e assim ajudar na construção do que realmente se precisa.

Ainda segundo Silva e Videira (2001), para o sistema de informação se tornar em algo útil, à empresa é necessário que o seu desenvolvimento tenha em conta um conjunto de princípios básicos para fazer uma modelação.

Esses princípios são descritos por Silva e Videira (2001) como:

- 1 – A solução obtida é altamente influenciada pela escolha dos modelos a criar;
- 2 – Cada modelo deverá poder ser expressado em vários níveis de precisão;
- 3 – Quanto mais expressar a realidade melhor é o modelo;
- 4 – Qualquer sistema deverá ser representado por um pequeno número de modelos, um só modelo nunca é suficiente por si só.

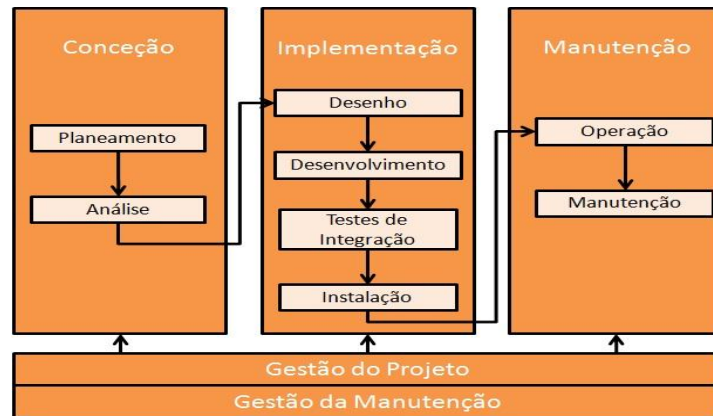
Tal como Silva e Videira (2001), também Ramos, R. A. (2006), divide o processo de desenvolvimento do modelo em três fases, ou momentos, traduzindo assim uma evolução temporal de modelação. As fases são as seguintes:

Conceção – tem como objetivo a identificação da pretensão do sistema, que informação deve ser processada, que funcionalidades são necessárias implementar, que restrições existem ao processo e que critérios determinam o seu sucesso.

Implementação – tem como objetivo a construção do sistema, definir e construir as estruturas de dados, os programas, os módulos, as interfaces e os teste a serem realizados. Apresentando no fim da fase o sistema de forma funcional.

Manutenção – esta fase inclui todas as alterações posteriores à aceitação do modelo por parte do cliente, seja para correção de erros, melhorias ou criação de novas funcionalidades.





**Figura 8: Fases e tarefas do processo de desenvolvimento de um Sistema de Informação (adaptado de Ramos, R. A. (2006))**

A Figura 8 pretendeu representar sequencialmente as fases descritas anteriormente.

Fowler, M. (2005), define o UML como uma família de notações gráficas, apoia por modelos, que ajuda na descrição e no projeto de sistemas de informação, particularmente dos construídos segundo uma abordagem orientada a objetos (OO).

Booch, G. (2005) explica como surge o UML, vindo de um trabalho de 5 anos dos nomes que mais contribuíram no desenvolvimento de métodos orientados a objetos, Booch, Jacobson e Rumbaugh, é unificado em 1995 e estandardizado em 1997. O método desenvolvido por Grady Booch – The Booch Method, o OMT – Object Modeling Technique, desenvolvido por James Rumbaugh e o OOSE/Objectory, por Ivar Jacobson, foram unificados no desenvolvimento do UML, possibilitando a normalização no âmbito da OMG (Object Management Group). Em 1998 esta linguagem começa a ser divulgada pela indústria e é adotada como linguagem *standard* para sistemas Orientados a Objetos.

Procurando as características mais importantes desta linguagem Booch G., et al (2005) apresenta alguns princípios básicos:

- 1 – Simplicidade;
- 2 – Tornar métodos conceptuais executáveis;
- 3 – Linguagem utilizável tanto pelo homem, como pela máquina;
- 4 – Linguagem de modelização visual, expressiva e fácil de ler;
- 5– É independente de qualquer linguagem de programação e processo de desenvolvimento.

A sua característica principal é o facto de agregar diferentes diagramas, como mostra a Figura 9, sendo que o diagrama é a representação gráfica de um conjunto de elementos que forma o sistema e que descreve o conteúdo numa visão.

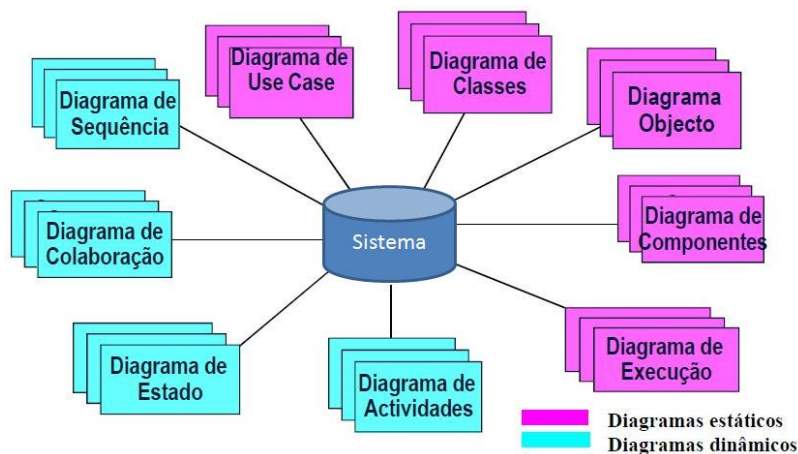


Figura 9 : Diagramas UML

Neste projeto vão-se utilizar alguns dos diagramas mais utilizados na modelação de um sistema, sendo eles os diagramas de Classes, *Use Case*, e Atividades.

Segundo Laudon e Laudon (2006) estes diagramas são usados para descrever operações e métodos, *Use Cases* e fluxos de trabalho, sendo que os fluxos de trabalho podem atravessar vários *Use Cases* e envolvem tanto objetos internos como externos ao sistema. Sendo que uma atividade é a execução de um conjunto de ações, um diagrama de atividades deve conter uma série de elementos que se dizem fundamentais na descrição dessa ação, e que a relacionam com outras ações.

O primeiro tipo de diagrama a aparecer neste projeto é o de *Use Cases*. Este diagrama inicia a modelação, pois é nele que são descritos os requisitos do sistema. Atendendo às considerações de Silva e Videira (2001), os requisitos são funcionalidades ou características que o utilizador final considera importantes ter no sistema, e que acabam por representar o comportamento do mesmo. Estes requisitos podem ser funcionais, descrevendo o que é o sistema, ou não funcionais, descrevendo as características qualitativas.

Com estes diagramas identificam-se as fronteiras do sistema e descrevem-se os serviços (definidos por use case) que devem ser disponibilizados a cada um dos grupos de utilizadores (atores), relacionando-os sempre através de associações e dependências

(*Include*, *Extend*), Booch G (2005). A relação *Include* utiliza-se quando um determinado use case inclui ou utiliza a funcionalidade disponibilizada num outro use case. Já a relação *Extend* é utilizada quando o comportamento a ser incluído no use case é opcional, Silva e Videira (2001). O exemplo seguinte mostra o aspeto geral destes diagramas.

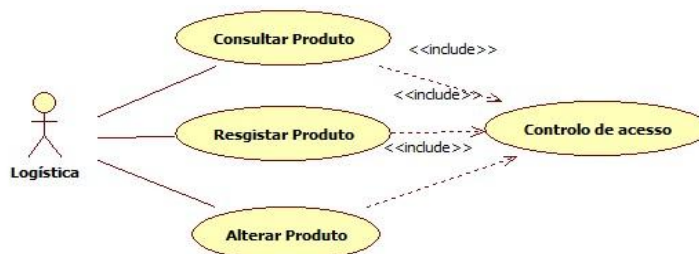


Figura 10 : Exemplo de um Diagrama de Use Cases

Por fim, vai ser apresentado um Diagrama de Classes, onde é descrita toda a estrutura de objetos do sistema formalmente. Cada classe representa uma abstração sobre um conjunto de objetos que partilham a mesma estrutura e comportamento, ou seja, têm propriedades semelhantes (atributos), comportamentos comuns (operações), relações comuns com outros objetos e apresentam a mesma semântica. Cada elemento de uma classe (chamada de instância ou objeto) é diferente dos outros elementos da mesma classe por ter um ou mais conjunto de valores para os mesmos atributos, diferente dos valores de qualquer outro elemento. Todos os elementos de uma classe (podendo ser coisas, acontecimentos) são descritos através de um conjunto de propriedades (atributos) e comportamentos (operações), Booch G, et al (2005).

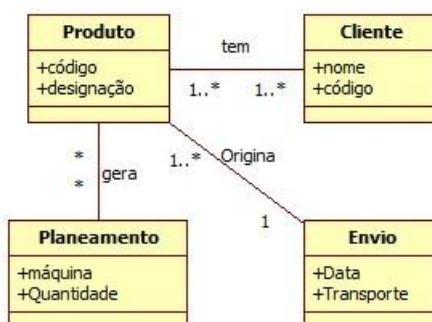


Figura 11 : Exemplo de um Diagrama de Classes

No próximo capítulo vai haver uma contextualização do problema, passando-se a conhecer todo o processo de produção da empresa estudada, de forma a identificar as lacunas no sistema de informação atual. Só com esta análise foi possível chegar à proposta de solução apresentada.

### **Capítulo 3 Estudo e conceptualização de um sistema de apoio ao planeamento produtivo no contexto da empresa Sakthi Portugal, SA**

De forma a contextualizar o problema e, assim, propor a solução no âmbito da organização onde o presente projeto decorreu, foi feita uma análise do mesmo, começando com uma descrição da empresa.

### 3.1 Descrição da empresa e processo produtivo – Sakthi Portugal, SA

A palavra Sakthi significa *Power*, poder, e todas as suas atividades encontram força neste nome, “O poder da Criação”, “O poder de realizar”, “O poder de contribuir”, “O poder de alcançar pessoas de diferentes estilos de vida”. (Sakthi Group, 2012)

O Grupo Sakthi, Coimbatore Índia está presente em vários mercados como a Indústria Alimentar, Produção de Energia, Logística, serviços IT e Industria Automóvel. A empresa tem investido estrategicamente na instalação de fundições modernas e aguarda para definir o ritmo da indústria, para os próximos anos. A Sakthi Portugal insere-se no subgrupo Sakthi Automotive Group, do qual fazem parte mais 3 fundições. A capacidade instalada na empresa portuguesa é de 75.000 ton/ano de ferro fundido e no orçamento anual de 2012 está prevista a produção de 60.000 toneladas.

Na Figura 12 pode ver-se a distribuição geográfica dos 32 clientes da Sakthi Portugal, estando assinalada com o pino amarelo a Sakthi, com os pinos vermelhos os clientes onde se fazem entregas e, assinalados com os pinos verdes, os clientes que vêm buscar as peças à empresa.

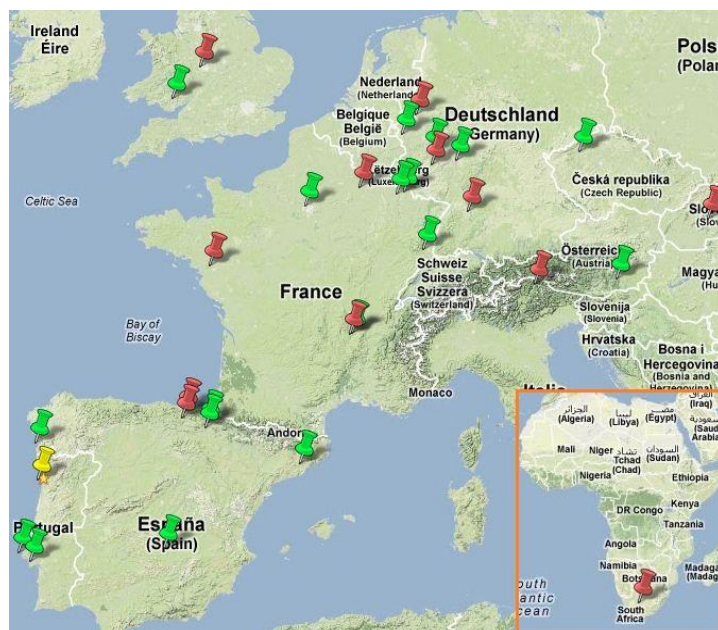


Figura 12 : Mapa de localização dos clientes da Sakthi

### 3.1.1 Processo de produtivo – Sakthi Portugal, SA

Praticamente todo o processo de produtivo pode ser visualizado quando se analisa o planeamento da produção nesta empresa. Em grosso modo, este inicia-se no parque de sucatas, onde encontramos a principal matéria-prima de uma fundição, e de onde vamos tirar a nossa capacidade máxima de trabalho/hora.

O planeamento vai ter como variáveis a máquina onde a peça vai ser fundida, o grau do ferro (perlítico ou ferrítico), a utilização de macho(s), o tipo de acabamento e o tipo de controlo de qualidade da peça. No *layout* (Figura 13) podem ser identificadas 5 áreas fundamentais (centros produtivos) onde se percebe esta variabilidade. De seguida, vai-se dar uma explicação mais detalhada para cada uma delas, nomeadamente em termos do planeamento e funcionamento.

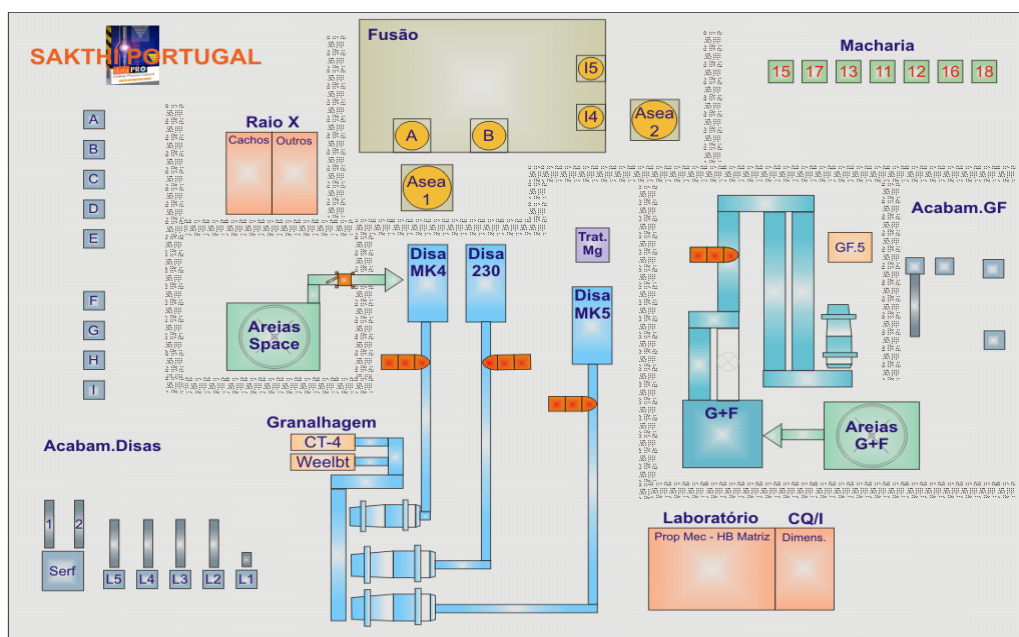


Figura 13 : Layout geral da empresa (Manual da Qualidade da Sakthi Portugal, SA)

#### Fusão

Na fusão existem quatro fornos de indução, representados na Figura 14 como A, B, I4 e I5, e dois fornos canal Asea 1 e Asea 2. Esta área trabalha por objetivos, e regula-se pela necessidade de ferro líquido na área seguinte, a moldação. Sempre que a moldação

pretende trabalhar no seu ritmo mais elevado, a fusão é gerida para a sua capacidade máxima.

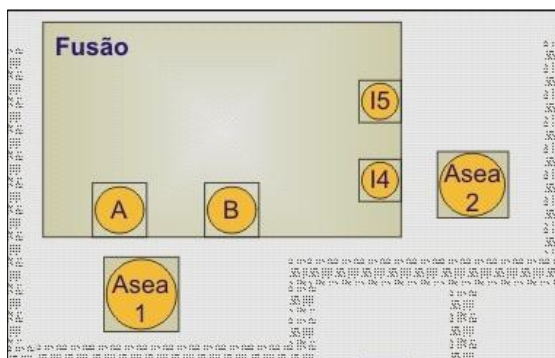


Figura 14 : Layout Fusão

Os fornos A e B têm capacidade para fundir 10 toneladas/hora de sucata, já os fornos I4 e I5 apenas fundem um máximo de 5 toneladas/hora de sucata. Como o layout (Figura 13) deixa perceber, os fornos A e B alimentam o *holding*, ou forno canal, Asea 1 que pode armazenar 42 toneladas de ferro líquido, e os I4 e I5 o *holding* Asea 2 que tem capacidade para armazenar 25 toneladas de ferro líquido. Não menos importante é a capacidade de carregamento de sucata nos fornos de indução, que é de 22 toneladas/hora, 12ton/h para os fornos A e B e 10ton/h para os fornos I4 e I5.

## Moldação

Na moldação, Figura 15, podemos ver duas áreas distintas, a área das DISA1 e a área da G+F. As Disa MK4, D230 e MK5 são três máquinas de moldação vertical; sendo da mesma marca, foram preparadas para funcionar da mesma forma e aceitar com igual rendimento as placas molde que trabalham nas mesmas. Isto nem sempre se verifica devido à tecnologia de cada uma, a MK4 é dos anos '80, a MK5 dos anos '90 e a M230 de 2000. Tecnologias diferentes vão dar rendimentos diferentes e existem peças que apenas devem ser fundidas numa ou duas das máquinas para que os refugos não sejam demasiado imprevisíveis.

A G+F é a quarta e última máquina de moldação, trabalha com placas horizontais e assim sendo é usada apenas para peças com elevado peso e tamanho. As peças produzidas nesta máquina não podem ser produzidas nas disa, o que lhe confere um cariz de

<sup>1</sup> A nomenclatura Disa e G+F vem na marca e tecnologia das máquinas, Disamatic e George Fisher.



importância e controle superior, pois não há possibilidades de permutas. Mais de 90% das suas peças têm macho, o que faz com que o seu planeamento esteja muito ligado ao planeamento da macharia.

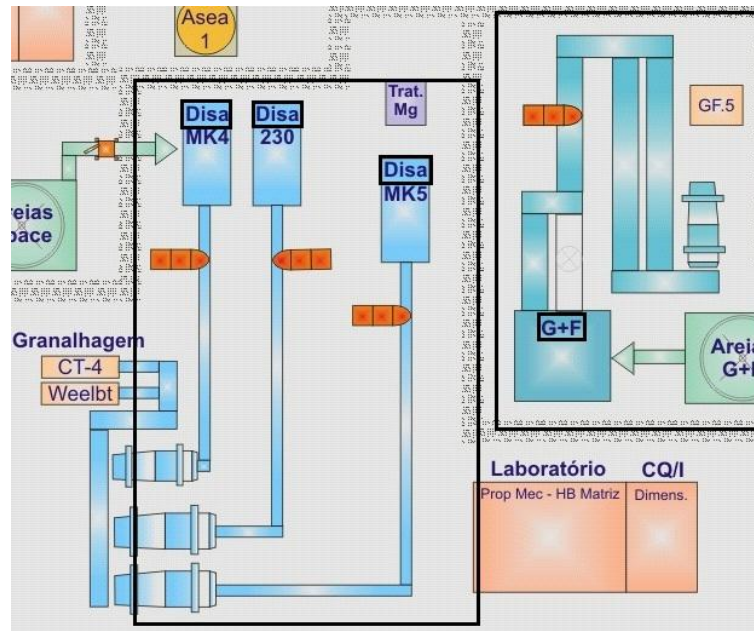


Figura 15 : Layout Moldação

O cálculo das capacidades das máquinas de moldar é normalmente feito pela contagem do número de vezes que é vazado ferro no molde. Na Disa 230 a média de moldações/hora vazadas é 350, se a peça necessita de macho, e 400 se a peça não necessita de macho. Na Disa MK5 a média baixa para as 250 com macho e 300 sem macho. Na Disa MK4 a média não ultrapassa as 190 moldações com macho e as 240 sem macho. Para equilibrar o rendimento das máquinas, deve-se evitar ter as três a trabalhar com peças que requeiram macho no mesmo período de tempo. Na G+F a média de moldações vazadas não se altera significativamente com o fator macho, assim sendo a média atribuída a esta máquina 90 moldações/hora. O ferro é transportado dos *holdings* até às banheiras de ferro das máquinas em colherões, movimentados por empilhadoras. Cada colherão tem capacidade para 4.5 toneladas de ferro e demora em média 4min a fazer o percurso até à máquina a que se destina. As banheiras da G+F têm capacidade para 2.5 toneladas de ferro e as das Disa levam 2.8 toneladas.

Em média, o tempos de *setup* e *downtimes* das máquinas Disa estão perto das 2 horas por dia.

## Macharia

Na macharia encontramos 6 máquinas (a 18 ainda é apenas um projeto) que têm capacidades diferentes e formas de trabalhar também distintas, fazendo com que cada caixa de machos seja preparada para apenas uma máquina, havendo uma exceção para as máquinas 12 e 13 que são idênticas, permitindo permutas entre si, Figura 16.

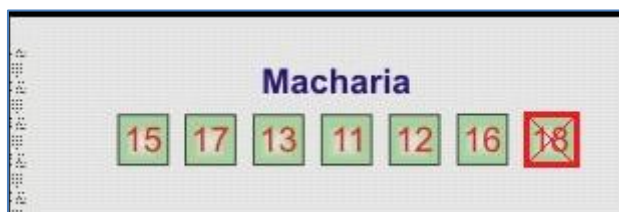


Figura 16 : Layout Macharia

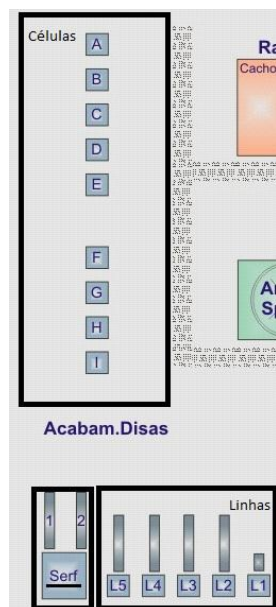
O cálculo de capacidade da macharia é determinado de forma idêntica ao da moldação, passando-se apenas a falar em número de aberturas e não em número de vazamentos. Sempre que a caixa de machos vai à máquina e sai com machos formados é contada uma abertura efetuada. Cada uma das seis máquinas produz em média 35 aberturas/hora.

## Acabamentos

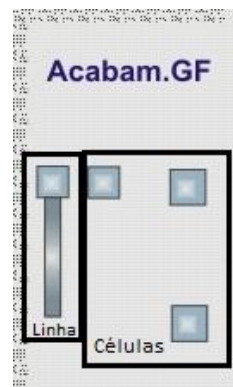
No *layout* geral podemos ainda ver a área dos acabamentos Disa e dos acabamentos G+F.

As áreas de acabamentos correspondem a zonas de remoção de alimentadores, calibragem, rebarbagem e controlo visual das peças moldadas.

Numa tentativa de automatização foram criadas, maioritariamente na zona das Disa, ferramentas de corte para melhorar as cadências dos acabamentos, assim como ferramentas de rebarbagem, controlo nodular e controlo de calibres. Sendo que as últimas três são de fácil transporte e enquadramento nas linhas e células, já as ferramentas de corte são o que condiciona a entrada da peça numa qualquer linha ou célula. Dependendo do tipo de corte e do tamanho da peça, as ferramentas apenas conseguem trabalhar nas máquinas para que foram estruturadas, separando-se assim (num cenário ótimo) por ferramentas para a Serf, ferramentas para as linhas e ferramentas para as células, Figura 17, este cenário não está totalmente conseguido tornando a base de dados de ferramentas um pouco mais complexa.



**Figura 17 : Layout Acabamentos Disa**



**Figura 18 : Layout Acabamentos G+F**

A G+F foi inicialmente pensada para trabalhar em linha, desde a moldação, passando pela granalhagem e indo até aos acabamentos. Houve, no entanto, um trabalho desenvolvido para aumentar a performance da máquina de moldar, o que fez com que a linha de acabamentos deixasse de estar dimensionada para este trabalho linear (Figura 18). Surgem assim as células montadas perpendicularmente à linha, que vão permitir acabar com o excedente da linha.

Na área de acabamentos Disa (Figura 17) distinguem-se perfeitamente as células das linhas, em que cada centro produtivo (célula ou linha) tem um mapa de referências específicas alocadas, sendo que, em alguns casos, pode haver permutas. Tendo em conta a alocação de referências e um mix de produtos<sup>2</sup> em WIP<sup>3</sup> bem balanceado e o número de operadores disponíveis na realidade atual da empresa, os acabamentos têm capacidade de expedir para a próxima fase do processo, cerca de 3000 peças/hora nas células, 2000

<sup>2</sup> Mix de Produtos – diz respeito à diversidade de produtos prontos a entrar nos acabamentos.

<sup>3</sup> WIP – Work In Progress (Diz respeito a todas as peças fundidas mas que ainda não entraram em armazém, sendo que a sua maioria diz respeito a peças que estão à espera de entrar nos acabamentos.

peças/horas nas linhas e serf. Já na G+F a média de acabamentos passa pelas 200 peças/hora.

### **Controlos adicionais**

No que diz respeito ao controlo de qualidade, existe um controlo geral na zona de embalamento onde é vista uma amostragem de peças, analisando um conjunto de parâmetros pré-definidos, entre eles a temperatura da peça, correspondendo a referência da peça com a referência da etiqueta, correspondendo as datas de fundição, entre outras.

Ainda podem existir controlos complementares, antes de a peça chegar à zona de embalamento descrita acima, que nascem ou pela necessidade de controlar problemas de qualidade detetados internamente, ou por reclamações dos clientes. Dependendo do tipo de problema de qualidade, as peças poderão ter de ser vistas a Raio-X, ser granalhadas depois de acabadas, serem sujeitas a um segundo controlo visual ou, em último caso serem escolhidas para serem segregadas. Se o problema se depreender com a composição química da peça, podem existir ainda uma série de tratamentos a ser feitos à peça, tendo esta de ser enviada para o exterior de forma a serem efetuados esses tratamentos.

### **3.1.2 Famílias de Produtos e Carteira de Encomendas**

A Sakthi Portugal fabrica 6 famílias diferentes de produtos finais, os quais são decompostos em diferentes peças a serem fundidas (travões 51% da produção, caixas de diferencial 6% da produção, inserts 32% da produção, chape 3% da produção, braços de suspensão 1% da produção e ainda um conjunto de diversas peças que representa 7% da produção).

Relativamente à carteira de encomendas, a empresa apresenta dois tipos distintos, as encomendas pontuais e as encomendas por programa. As encomendas pontuais chegam em períodos de tempo aleatórios e correspondem apenas a uma encomenda fixa. As encomendas por programa chegam em períodos de tempo fixos e acordados com o cliente. Ainda nas encomendas por programa há três análises a serem feitas. As encomendas fixas, que correspondem no mínimo a duas semanas de entregas. As encomendas previsionais,

que deverão mostrar um horizonte de pelo menos dois meses de entregas. E ainda as encomendas orçamentais que deverão mostrar o ano de entregas.

Trabalhando estes dados pode-se concretizar uma análise ABC dos produtos e passar a olhar para 3 grandes famílias em vez das 6 descritas a cima. Isto vai-nos permitir visualizar a possibilidade de criar cenários de produção diferentes para as diferentes famílias. Numa análise orçamental, vê-se que nesta empresa existem 37 referências do tipo A, cuja carteira de encomendas representa 80% da produção anual da empresa, e consequentemente entram diariamente no planeamento da produção, tendo um EPE<sup>4</sup> - *Every Product Every* - de 1 ou 2. Do tipo B existem 33 referências, cuja carteira de encomendas representa 15% da produção anual e tem um EPE entre 3 e 6. E 126 referencias que representam apenas 5% da produção anual da empresa sendo as referências C e tendo EPEs entre 7 e 365.

### **3.1.3 Estratégia de programação e tratamento de encomendas**

A programação, tanto da moldação, como da macharia e acabamentos, é feita 2 vezes ao dia, no fim do 1º turno e no fim do 2º turno. Existem, no entanto, 3 turnos diários em produção, o 1º das 23:30 às 6:30, o 2º das 6:30 às 15:00 e o 3º das 15:00 às 23:30. Não há paragem das linhas durante toda a semana de trabalho, havendo apenas constrangimentos nas horas das refeições e durante as mudanças de turno, fator este que dificulta a troca de placas de molde. Como tal o ideal é, nestes períodos, não haver troca de referências. A hora de almoço da moldação vai das 11:30 às 12:30, a do jantar das 19:30 às 20:30 e o lanche da noite vai da 1:00 à 1:30. A manutenção das máquinas é feita ao domingo, quando toda a fábrica está parada. Estes dados são válidos para todos os centros produtivos da empresa.

Os três turnos são planeados tendo em conta, não só a carteira de encomendas, mas também a ocupação de todas as máquinas da empresa, 24 horas por dia, trabalhando-se assim uma estratégia MTS, segundo o orçamento anual.

A carteira de encomendas referida acima nasce da junção de vários ficheiros, tratados diariamente, por vários atores do departamento logístico. Quando chega uma encomenda, seja por fax, email ou EDI, ela é analisada consoante o cliente a que se

---

<sup>4</sup> EPE – (tempo de ciclo, em dias, para a produção de uma referencia, tendo em conta o tamanho de lote pré-definido para um dia de trabalho) \*Kaizen Institute

associa. Encomendas de diferentes clientes podem ser analisadas por diferentes pessoas do departamento. Este facto torna-se relevante porque cada pessoa vai fazer a sua análise respondendo a certos critérios pré-definidos, mas sem um armazenamento de dados *standard*. Isto leva a que existam vários ficheiros idênticos a trabalhar com dados semelhantes, mas sem estarem integrados. Pelo menos uma vez por semana, os dados são compilados manualmente para o ficheiro que vai permitir ao planeador associá-los aos dados de produção. De três em três meses, esses mesmos dados são introduzidos, manualmente, no sistema de informação existente. Isto acontece para que seja possível fazer-se os lançamentos de ordens de produção, bem como a elaboração de todos os documentos de caris contabilístico, referentes ao produto acabado. Ainda associado ao tratamento das encomendas, está a gestão de *stocks*, que vai fornecer os dados para que a programação da produção, descrita no início deste subcapítulo, seja coerente e responda às estratégias definidas.

Usando os dados da produção, inseridos no sistema de informação ao final de cada turno, torna-se possível saber quais as referências e quantidades disponíveis, para serem trabalhadas no centro produtivo seguinte. Não existe, no entanto, a possibilidade de uma análise *on-time* da produção até ao armazém, tornando-se necessário haver deslocações ao mesmo para não incorrer em erros na informação dada aos clientes sobre os *stocks* existentes.

### **3.1.4 Sistema de informação existente para ajuda ao planeamento**

As encomendas são inseridas no sistema de informação, com data de entrega prevista e quantidade, e o sistema devolve os dados do que existe em armazém, a quantidade já faturada e a quantidade ainda não produzida, Figura 19. Os clientes, cujas encomendas são de programa, enviam todas as encomendas do mesmo produto com o mesmo n° de encomenda, abrindo-se assim, apenas uma encomenda por produto, normalmente até ao seu fim de vida. Cada encomenda é então tratada sempre pelo mesmo número sequencial, gerado pelo sistema. Havendo mais de 190 referências de produtos, existe também o mesmo número de encomendas. Sempre que é necessário atualizar uma encomenda, esta apenas pode ser acedida pelo seu número sequencial.

SAKTHI PORTUGAL, S.A.

DATA: 23-03-2011		HORA: 12:07:10		aaguar		GL_SN		PAG:001/002						
Empresa :		001 SAKTHI PORTUGAL, S.A.												
Observações :														
Artigo :		Todos												
Terceiro :		100026 - 100026												
Data Doc :		Todas												
Data Entrega :		Todas												
Data Entrega :		Todas												
Documentos :		Por Saldar												
Doc. Satisf. :		Não Considera												
Dimensões :		Não Considera												
Justagem :		Terceiro Artigo Data Entrega												
Tipos :		Todos												
Códigos :		520												
Documento	Terc	Data Doc	Data Entr	C	Artigo	Descrição	Un	Peso	Peso Total	Existência	Qtd Ped	Qtd Trat	Saldo S	Saldo Valor
Terceiro: 100026 - DANA SPICER AXLE EUROPE LTD														
520/2011000013	100026	04-01-2011	01-09-2011	S	P73123157	15366	PCE	0,520	676,000	9.100,00	1.300,00	0,00	1.300,00N	941,20
520/2011000018	100026	04-01-2011	07-03-2011	S	P73133329	C220-010-001	PCE	5,870	939,200	1.040,00	3.120,00	2.960,00	160,00N	1.416,32
520/2011000018	100026	04-01-2011	04-04-2011	S	P73133329	C220-010-001	PCE	5,870	19.723,200	1.040,00	3.360,00	0,00	3.360,00N	29.742,72
520/2011000018	100026	04-01-2011	04-05-2011	S	P73133329	C220-010-001	PCE	5,870	28.176,000	1.040,00	4.800,00	0,00	4.800,00N	42.489,60
520/2011000018	100026	04-01-2011	06-06-2011	S	P73133329	C220-010-001	PCE	5,870	25.828,000	1.040,00	4.400,00	0,00	4.400,00N	38.948,80
520/2011000012	100026	04-01-2011	02-03-2011	S	P73463207	CSA-006-050B	PCE	2,520	504,000	0,00	400,00	200,00	200,00N	478,00
520/2011000010	100026	04-01-2011	14-03-2011	S	P74123280	X 51029	PCE	0,590	590,000	1.000,00	1.000,00	0,00	1.000,00N	698,00
520/2011000010	100026	04-01-2011	18-04-2011	S	P74123280	X 51029	PCE	0,590	590,000	1.000,00	1.000,00	0,00	1.000,00N	698,00
520/2011000010	100026	04-01-2011	16-05-2011	S	P74123280	X 51029	PCE	0,590	590,000	1.000,00	1.000,00	0,00	1.000,00N	698,00
520/2011000010	100026	04-01-2011	13-06-2011	S	P74123280	X 51029	PCE	0,590	590,000	1.000,00	1.000,00	0,00	1.000,00N	698,00
520/2011000153	100026	31-01-2011	04-04-2011	S	P74133301	55441	PCE	8,000	3.840,000	240,00	480,00	0,00	480,00N	6.455,04
520/2011000132	100026	13-01-2011	22-08-2011	S	P74133354	2012076	PCE	7,960	19.104,000	0,00	2.700,00	300,00	2.400,00N	22.394,40
520/2011000131	100026	13-01-2011	22-08-2011	S	P74133355	55120	PCE	4,636	9.735,600	600,00	2.600,00	500,00	2.100,00N	13.122,90
520/2011000014	100026	04-01-2011	09-03-2011	S	P77120878	C602549	PCE	8,900	1.335,000	75,00	450,00	300,00	150,00N	1.213,05
520/2011000020	100026	04-01-2011	16-02-2011	S	P77133321	55469	PCE	14,900	1.788,000	480,00	1.560,00	1.440,00	120,00N	2.636,64
520/2011000020	100026	04-01-2011	04-04-2011	S	P77133321	55469	PCE	14,900	33.376,000	480,00	2.400,00	160,00	2.240,00N	49.217,28
520/2011000020	100026	04-01-2011	02-05-2011	S	P77133321	55469	PCE	14,900	38.442,000	480,00	2.580,00	0,00	2.580,00N	56.687,76
520/2011000020	100026	04-01-2011	06-06-2011	S	P77133321	55469	PCE	14,900	39.932,000	480,00	2.680,00	0,00	2.680,00N	58.884,96
520/2011000020	100026	04-01-2011	04-07-2011	S	P77133321	55469	PCE	14,900	10.728,000	480,00	720,00	0,00	720,00N	15.819,84
520/2011000020	100026	04-01-2011	01-08-2011	S	P77133321	55469	PCE	14,900	39.336,000	480,00	2.640,00	0,00	2.640,00N	58.006,08
520/2011000015	100026	04-01-2011	02-03-2011	S	P77133328	C220 004 005	PCE	16,500	17.127,000	2.432,00	3.150,00	2.112,00	1.038,00N	27.108,41
520/2011000015	100026	04-01-2011	06-04-2011	S	P77133328	C220 004 005	PCE	16,500	59.400,000	2.432,00	3.600,00	0,00	3.600,00N	94.017,60
520/2011000015	100026	04-01-2011	02-05-2011	S	P77133328	C220 004 005	PCE	16,500	80.685,000	2.432,00	4.890,00	0,00	4.890,00N	127.707,24
520/2011000017	100026	04-01-2011	02-03-2011	S	P77133330	C220-010-002	PCE	7,740	464,400	120,00	360,00	300,00	60,00N	560,52
520/2011000017	100026	04-01-2011	04-04-2011	S	P77133330	C220-010-002	PCE	7,740	4.179,600	120,00	540,00	0,00	540,00N	5.044,68
520/2011000017	100026	04-01-2011	02-05-2011	S	P77133330	C220-010-002	PCE	7,740	4.644,000	120,00	600,00	0,00	600,00N	5.605,20
520/2011000017	100026	04-01-2011	06-06-2011	S	P77133330	C220-010-002	PCE	7,740	5.108,400	120,00	660,00	0,00	660,00N	6.165,72
520/2011000017	100026	04-01-2011	04-07-2011	S	P77133330	C220-010-002	PCE	7,740	928,800	120,00	120,00	0,00	120,00N	1.121,04

INFOS Informática e Serviços, S.A.

Figura 19 : Exemplo da carteira de encomendas do sistema de informação da Sakthi Portugal, SA (MULTI)

Para a formulação do planeamento existe um módulo no sistema onde, por máquina ou por dia, é possível definir a sequência de produção pretendida. O departamento logístico define as necessidades de produção segundo os *stocks* intermédios existentes e as necessidades de entrega. De seguida, o departamento de produção discute a sequência consoante as necessidades e condicionamentos diários do processo produtivo. Para que os ajustes ao planeamento feitos pelo departamento de produção sejam mínimos, o planeador já tem em consideração alguns condicionamentos produtivos.

Uma descrição mais detalhada dos problemas associados ao processo descrito neste trabalho encontra-se na secção que se segue.

### 3.2 Contextualização do problema e sua descrição em torno do processo produtivo

Acreditando que a complexidade de um problema está ligada à facilidade de acesso a todos os dados para o resolver, pode-se facilmente chegar à conclusão que os dados para o planeamento produtivo da Sakthi necessitam de ser tratados e disponibilizados de uma forma mais simples e normalizada.

O sistema de informação existente, o Multi, mostra-se capaz de ligar toda a organização em termos de fluxos de dados; no entanto, é pouco eficiente quando se procura o tratamento dos dados para o planeamento do processo produtivo. Os módulos disponíveis apenas têm em conta se a peça tem encomenda e se é produzida numa Disa ou na G+F, o que não é suficiente para se tomarem decisões sobre a produção dessa mesma peça.

O carregamento de dados no sistema é também um processo complexo, o que faz com que cada dado carregado tenha uma margem de erro associada mais elevada que o desejado. Isto verifica-se tanto a nível de dados do produto, como na inserção de dados por parte do operador. Quando se passa o problema para o lado do operador, a solução tem sido desviar o problema para os encarregados e deixar no operador apenas a responsabilidade de inserir os dados do turno num papel. Com o papel perde-se o controlo on-time do processo, passando apenas a ter a noção real dos acontecimentos quando a informação descrita no papel é passada para o sistema pelo responsável de turno.

O sistema não dá também qualquer suporte a nível de controlo de expedição, sendo todo o processo de saídas de encomendas feito em papel e sem qualquer recurso a um método estruturado, o que potencia, com alguma frequência, enganos e falta de informação.

O tratamento das encomendas é também um problema nesta empresa, começando pela sua inserção no sistema, que por si só é trabalhosa, até à existência de ficheiros paralelos, como referenciados anteriormente. Estes ficheiros foram surgindo na tentativa de superar as dificuldades de atualização do sistema de informação, criando registos duplicados e promovendo a inconsistência dos dados. Neste momento, o sistema liga a encomenda a um produto e a um cliente, mas não permite abrir a mesma encomenda através dessas ligações, sendo necessário inserir o número gerado para a encomenda.

De uma forma geral, e como já demonstrado na descrição da empresa e respetivo processo produtivo, considera-se que o maior problema está no entendimento do que é o planeamento produtivo. O planeamento é visto apenas como uma sequência de pedidos à produção que vão satisfazer a necessidade imediata do cliente. Tendo em conta as estratégias administrativas da empresa e as vulnerabilidades do processo produtivo em questão, este tipo de planeamento torna-se pouco eficiente, sendo necessário um planeamento mais abrangente e mais focado nas necessidades da organização.



Todo o sistema produtivo deve ser analisado para se encontrar a solução que vai auxiliar o planeamento, por isso foi feita uma análise profunda ao mesmo.

Sendo a Sakthi uma empresa que produz produtos complexos, que, como explicado no Capítulo 2 ponto 1.3, são produtos não *standard* tendo o sistema produtivo que ser individualizado. Existe uma grande multiplicidade de ferramentas de produção, o que dificulta a quantificação de ciclos produtivos e cargas de recursos. Alguns exemplos dos produtos da empresa estão representados na Figura 20.

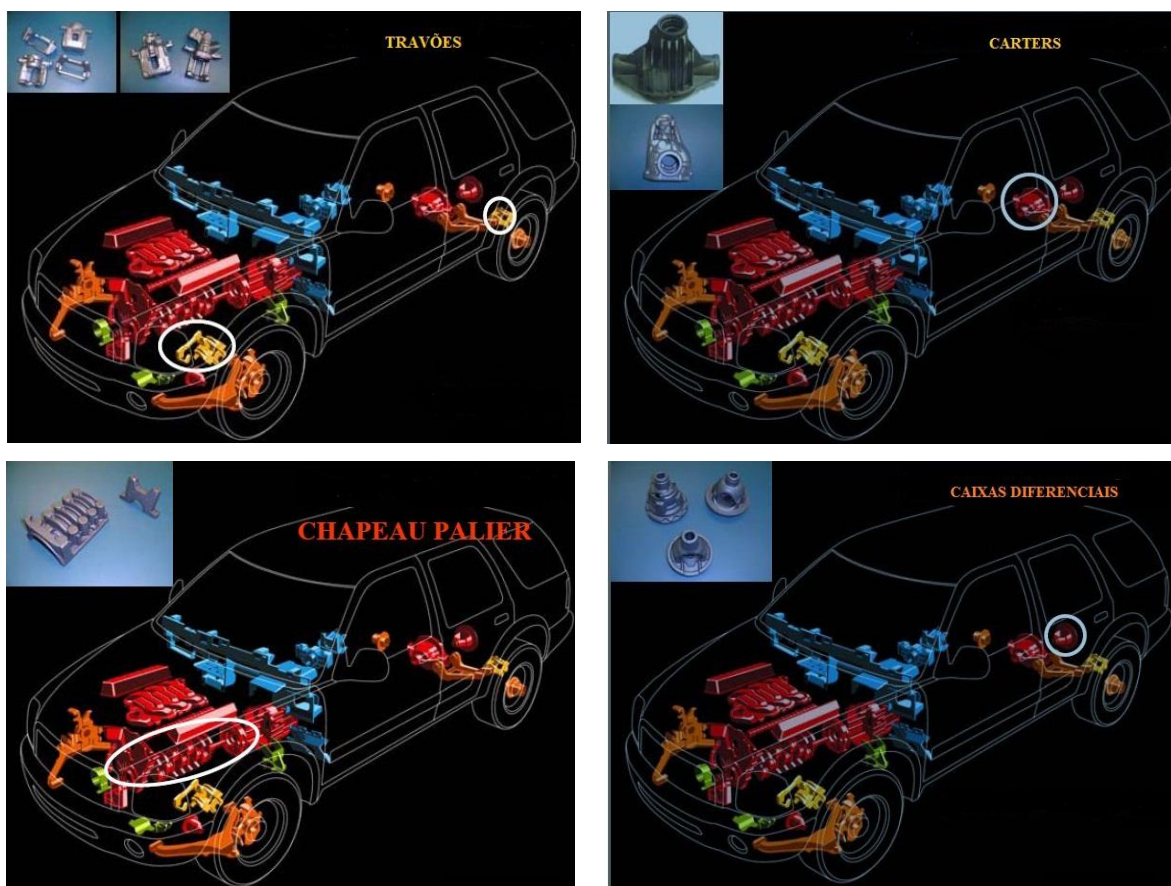


Figura 20: Exemplos de produtos Sakthi (Manual de Qualidade Sakthi Portugal, SA)

Por sua vez, é de referir que a grande multiplicidade de ferramentas para o acabamento destas peças foi o que levou a organização a investir numa produção descontínua, com *stocks* intermédios para alimentar as células de acabamentos. Cada célula tem uma característica específica, fazendo com que as ferramentas desenhadas para ela sejam difíceis de aplicar numa outra célula.

A gestão dos *stocks* intermédios e dos fluxos da obra em produção são explicados de seguida, tendo em conta o layout da produção representado na Figura 21.

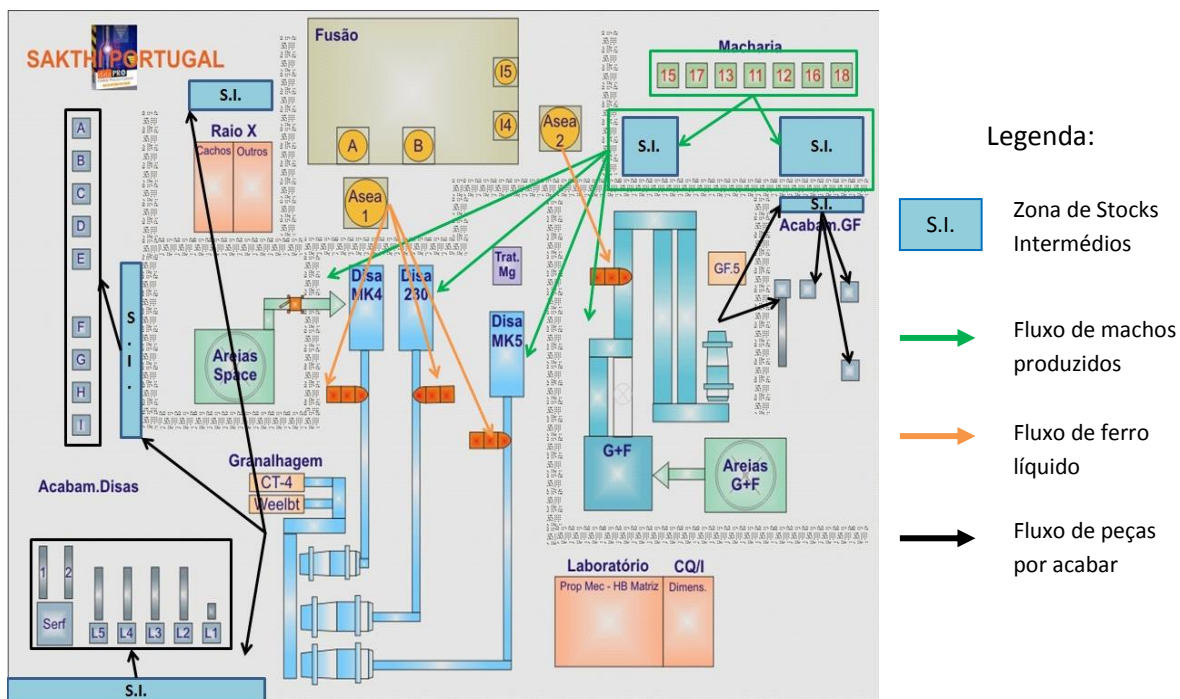


Figura 21 : Layout com fluxos produtivos

Cada zona de *stocks* intermédios (S.I.), assinalada como referido na legenda, é definida próxima da zona de produção, como no caso da macharia, ou numa zona de acabamentos, onde a arrumação é feita consoante o tipo de ferramenta necessária para o acabamento da peça.

Passando à representação dos fluxos, na macharia existe uma zona de *stocks* onde são armazenados os machos, que depois de secos entrarão na moldação. A moldação, quando necessita dos mesmos, vai à macharia buscá-los e coloca-os junto à sua máquina. Apesar de serem produzidos em função do que a moldação necessita, este setor vê-se obrigado a manter o seu nível de *stock* a dois turnos de produção. O consumo de machos nem sempre é equilibrado, e tanto pode haver horas de produção com baixo consumo de machos, como rapidamente ser necessário consumir-se grande parte do *stock* existente.

Os fluxos de ferro líquido mostram que o forno ASEA 2 está dedicado à máquina G+F, o que acontece na maioria das produções. Ambos os fornos estão capacitados para

abastecer ferro a qualquer máquina, e a dedicação dos mesmos é feita pelo controlo de processo, que gere a movimentação dos empilhadores.

Finalmente, nos fluxos de peças por acabar, pode-se ver que nas disas a disposição é simples, apenas definida por tipo de acabamento (se linha ou célula); já na G+F, podem acontecer dois cenários, ou a peça que está a ser fundida é granalhada e logo colocada na linha de acabamento, tornando a máquina de fluxo contínuo, ou então a linha pode não ter capacidade para manter o fluxo contínuo, e tenha de ir o excedente para os *stocks* intermédios. Desse armazém, as peças vão para as células de acabamentos ou voltam à linha de acabamentos. Na G+F há ainda algumas peças com acabamentos muito específicos, que tornam necessário o acabamento numa célula.

Trabalhando com um *layout* do tipo funcional e com este nível de complexidade grande, a logística tem muita dificuldade em encontrar um ponto onde tenha todos os dados do processo atualizados, os armazém intermédios não têm controlo de entradas e saídas e só quando o turno acaba é que se pode tentar calcular tudo o que entrou no processo, tendo sempre em conta as saídas do mesmo. Para manter o rastreio dos movimentos de cada peça é necessário que, em cada fase do processo, se encontre uma forma de o operador passar a informação à logística do que está a fazer, das quantidades que está a produzir e em que condições. Para isso seria necessário criar um módulo do sistema que, aplicado no local de trabalho do operador, lhe permitisse inserir toda essa informação.

Seguindo um *layout* estrutural, um novo problema surge quando se pretende definir as quantidades a produzir em cada unidade produtiva, sendo importante ter um sistema de produção por lotes, bem definido e, na base de dados do planeamento, o tamanho de lote mínimo e máximo para cada peça e máquina. Na moldação é onde se nota mais este constrangimento, onde um lote mal definido pode trazer problemas de qualidade de moldação, na macharia e nos acabamentos. Para a definição deste ponto, foi necessário estudar os *stocks* intermédios dos acabamentos, tendo em conta a estratégia ABC das referências. Esta parte foi feita apenas para as referências das Disa pois é onde um cálculo errado de um lote pode parar a produção nas linhas/células. Na G+F esse fator é mais controlável pois tem um défice de capacidade de acabamentos em relação à moldação muito maior do que nos acabamentos Disa.

Tendo em conta uma alocação de referência por máquina de acabamentos feita pela engenharia do produto, foram definidos corredores que possibilitem o FIFO (*First-In-First-Out*) para as referências que trabalham todos os dias nos acabamentos (referências A). Quanto ao trabalho das referências C, uma vez que estas só são produzidas quando existe uma encomenda firme, são incluídas nas filas que possibilitam o FIFO. Estas referências são inseridas no planeamento dos acabamentos como referência prioritária, podendo haver *stock* apenas no armazém de produto acabado. As referências B, devido à sua cadência de pedidos ser muito inconstante mas não demasiado espaçada entre si, foram criadas zonas de supermercados, definidas por lotes de produção, que são consumidos quando a logística pede, ou quando existe uma necessidade de manter os postos de trabalho em funcionamento.

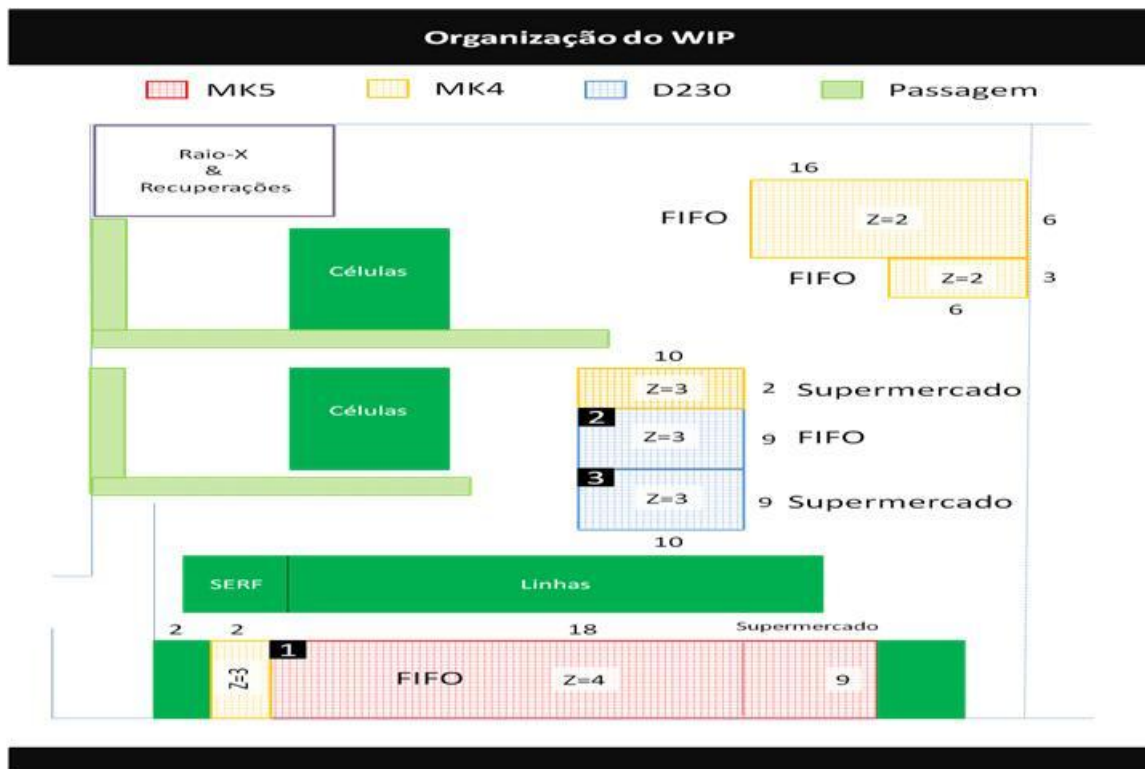


Figura 22: Layout de filas FIFO e Supermercados

Esta descrição foi necessária para se perceber os dados necessários ao planeamento de curto prazo feito pela logística, para que este não se centre apenas nas encomendas mas sim nos *stocks* intermédios dos acabamentos, produzindo diariamente as quantidades gastas no dia anterior, não esquecendo o tamanho do lote e as cadências das máquinas

adjacentes. Para possibilitar este controlo, o planeamento necessita de uma base de dados que não contenha apenas os dados técnicos do produto mas também todos os dados relacionados com os lotes, as cadências das máquinas, os pedidos dos clientes e as saídas do armazém de produto acabado.

Um sistema de gestão de informação, que enquadre os dados técnicos com os dados vindos do sistema pela produção, torna-se essencial para que o planeamento funcione corretamente.

Uma última fase do processo consiste na expedição das peças, existindo para tal três tipos diferentes, podendo os transportes para todos eles ser da responsabilidade da Sakthi ou do próprio cliente. A expedição direta para o cliente, a expedição para a subcontratação e desta para o cliente, ou ainda a expedição para a subcontratação, da subcontratação para a Sakthi e da Sakthi para o cliente.

A Sakthi tem ainda a particularidade de não ter frota própria, sendo assim todos os transportes da sua responsabilidade são subcontratados a transportadoras e/ou transitários. Toda a gestão das expedições é feita com base em papéis, através de correio eletrónico e contactos telefónicos. Sendo este um método que trás pouca fiabilidade à informação, surge a necessidade de haver um modelo no sistema que possibilite a gestão destes dados de forma organizada.

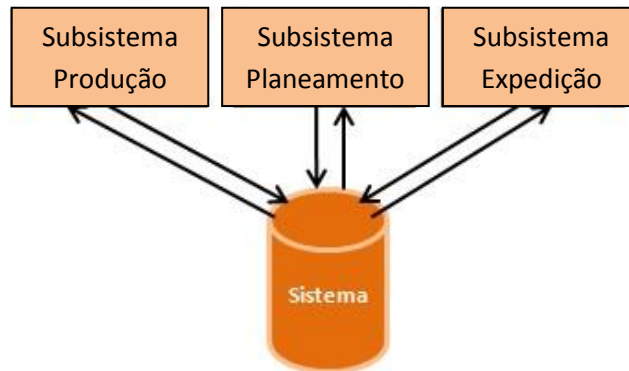
Com base no problema descrito, tentou-se encontrar uma solução tal como se especifica na subsecção que se segue.

### **3.3 Especificação da solução**

A solução encontrada para o problema anteriormente descrito passa pela criação de um Sistema de Informação Integrado (SII) que, pela sua natureza, poderá ser descrito em torno de três subsistemas, tal como definido na figura 23. Desta forma, e numa perspetiva integrada, o departamento de logística poderá trabalhar a informação que lhe é fornecida e, consequentemente, gerar outputs fiáveis.

Relativamente aos seus subsistemas, o primeiro trata um conjunto de dados relacionados com a produção, o segundo diz respeito à informação relativa ao

planeamento, sendo o terceiro dedicado às operações relacionadas com os transportes e expedição.



**Figura 23: Integração dos subsistemas no sistema central**

### **1º Subsistema – Produção**

Este subsistema terá como entrada, gerada pelo operador da máquina, a referência que vai entrar em produção, as paragens que poderão ocorrer, os problemas de qualidade que possam acontecer e, ainda, o registo da produção total e respetivos refugos, caso aconteçam. A tabela 5 resume as principais funcionalidades e respetivos atores responsáveis pela sua execução.

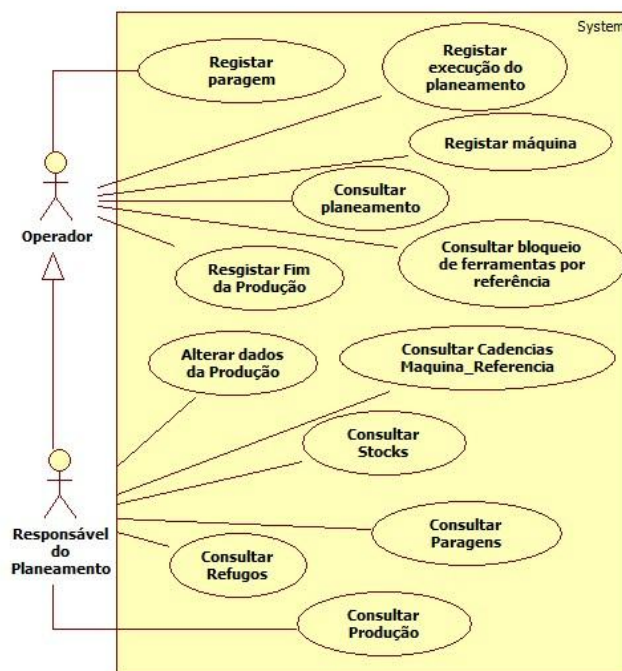
**Tabela 5 : Identificação de Use Cases por ator (Produção)**

Atores	Funções
Operador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultar Planeamento;</li> <li>- Consultar Bloqueio de Ferramentas por referência;</li> <li>- Registar máquina;</li> <li>- Registar Execução do planeamento;</li> <li>- Registar paragens;</li> <li>- Registar fim da produção.</li> </ul>
Responsável do Planeamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultar Planeamento;</li> <li>- Consultar Stocks;</li> <li>- Consultar Produção;</li> <li>- Consultar Refugos;</li> <li>- Consultar Candências máquina_referência;</li> <li>- Consultar Paragens;</li> <li>- Alterar dados da Produção.</li> </ul>

O operador da máquina, quando entra no sistema, terá acesso a um conjunto de operações que lhes permitem verificar o cumprimento do planeamento e controlar o sistema produtivo da empresa. Quando o planeamento define a entrada de uma certa referência, a uma determinada hora, numa quantidade específica e com tempo de produção calculado, este deve corresponder, em todos os dados, ao que vai ser executado. Se isto não acontecer, depreende-se que houve um problema na produção. Em termos de procedimentos, o operador regista a máquina em que vai trabalhar e dá entrada de uma referência, tendo esta sempre uma ferramenta associada com um código. A ferramenta pode ou não encontrar-se disponível para entrar na máquina; caso não esteja, o operador deve passar para a referência seguinte do planeamento. Quando se inicia e finaliza uma produção são inseridas as datas e horas, com o objetivo de se manter uma rastreabilidade dos dados. No meio das produções pode haver paragens por um número muito variado de acontecimentos. Sempre que ocorra uma paragem o operador deve acionar o botão de paragem no sistema e registar a hora de início da paragem, o código da paragem e a hora de fim da mesma, que corresponde ao reinício da produção. O controlo de paragens vai ajudar a encontrar medidas, com atuação nas causas das paragens mais frequentes, a calcular o tempo real de produção, podendo dar assim cadências de hora a hora da produção daquela referência naquela máquina. No final da produção, o operador tem ainda de registar a quantidade de vezes que a ferramenta entrou na máquina, o número de peças produzidas, bem como o número de peças contabilizadas como refugo. Quando se trata de refugos deve ainda ser registado o tipo de defeito, bem como o motivo da ocorrência, caso seja detetado.

A Logística deve ter acesso às quantidades produzidas a qualquer momento, de forma a ter dados que suportem o planeamento da produção seguinte.





**Figura 24 : Use Cases - Subsistema Produção**

O diagrama de *Use-cases* representado na Figura 24 apresenta graficamente as principais interações do subsistema descrito anteriormente. Como se pode verificar, o Responsável da logística herda todas as ações do Operador, sendo necessário para qualquer operação um controlo de acesso.

## **2ºSubsistema – Planeamento**

Este subsistema vai alimentar-se de todos os dados produtivos, de forma a suportar o planeamento na tomada de decisões. Assim o planeamento poderá apresentar, à organização, dados que ajudem a sustentar decisões estratégicas, tanto a curto como a médio e longo prazo. Para além dos dados já inseridos no subsistema anterior, este terá também como entrada, a carteira de encomendas do cliente, o registo do planeamento para um determinado espaço de tempo, assim como as suspensões de ferramentas e produtos. O responsável do planeamento insere o próprio planeamento e as encomendas, já as suspensões são inseridas pela engenharia do produto e pela qualidade. A tabela 6 resume as principais funcionalidades e respetivos atores responsáveis pela sua execução.

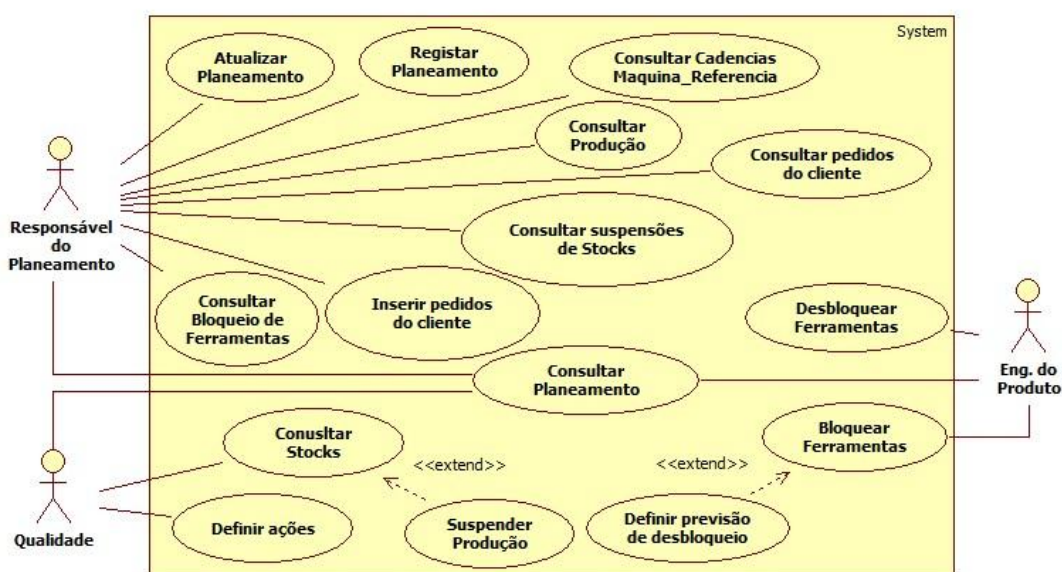


**Tabela 6 : Identificação de Use Cases por ator (Planeamento)**

Atores	Funções
Responsável do Planeamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registrar Planeamento;</li> <li>- Atualizar Planeamento;</li> <li>- Registra pedidos dos clientes;</li> <li>- Consultar Stocks;</li> <li>- Consultar Produção;</li> <li>- Consultar Candências máquina_referência;</li> <li>- Consultar bloqueio de ferramentas;</li> <li>- Consultar suspensões de stocks.</li> </ul>
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultar Planeamento;</li> <li>- Consultar stocks;</li> <li>- Suspender Produções;</li> <li>- Definir ações.</li> </ul>
Engenharia do Produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultar Planeamento;</li> <li>- Bloquear Ferramentas;</li> <li>- Desbloquear Ferramentas;</li> <li>- Definir previsão de desbloqueio.</li> </ul>

O Responsável do planeamento deve ter como outputs os dados técnicos dos produtos e máquinas e os dados inseridos pelo operador da máquina no subsistema descrito anteriormente. Todos os dados deverão estar devidamente separados por tipo de *stock* gerado, e ainda os dados de problemas de qualidade, como suspensões de peças em qualquer zona de produção.

A Qualidade é o único sector que pode impedir as peças, já em *stock*, de saírem da empresa. Para resolver esse problema o sistema permite lançar suspensões e ditar ações para que as peças possam ser sucataadas ou voltar a entrar em *stock*. Já a Engenharia do Produto é a única entidade que tem acesso a bloqueios e desbloqueios de ferramentas de produção, podendo impedir que elas entrem nas máquinas mesmo que programadas pela logística antes da suspensão, ou que não possam ser programadas durante a suspensão.



**Figura 25 : Use Case - Subsistema Planeamento**

O diagrama anterior pretende representar todos esses requisitos do sistema, e definir os perfis dos utilizadores desta área. O Responsável do planeamento insere os pedidos do cliente no sistema, cria e atualiza o planeamento e consulta diferentes tipos de informação. O responsável pela qualidade e pela engenharia do produto apenas têm acesso ao planeamento podendo suspender produtos ou ferramentas.

### 3ºSubsistema – Expedição

Este subsistema deverá ter como folha de trabalho os pedidos dos clientes separados por semana ou dia, e como input os camiões agendados por destino, transitário, data de saída e data de chegada. Esta informação deve gerar um output em forma de calendário semanal com a informação dada. Deve ainda permitir a consulta dos dados necessários para a formulação de guias de transporte. A tabela 7 resume as principais funcionalidades e respetivos atores responsáveis pela sua execução.

**Tabela 7 : Identificação de Use Cases por ator (Expedição)**

Ator	Funções
Responsável da Expedição	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultar pedidos do cliente;</li> <li>- Inserir dados do transporte;</li> <li>- Consultar dados do transporte;</li> <li>- Editar dados dos transportes marcados;</li> <li>- Consultar Stocks;</li> <li>- Registrar guias de expedição.</li> </ul>

Quando se fala em carregamentos diários, que podem chegar aos 20 camiões, é importante poder-se fazer uma análise global dos registos efetuados. Para isso é necessário que o responsável pela expedição, após a inserção dos dados no sistema, tenha acesso à informação estruturada em torno de um mapa, sendo o mapa um *layout* pré-definido para a visualização da informação. Com a consulta de pedidos dos cliente e consulta de *stocks*, o ator deste *Use Case*, diagrama na Figura 26, tem acesso a todos os dados necessários para o registo das guias de transporte.

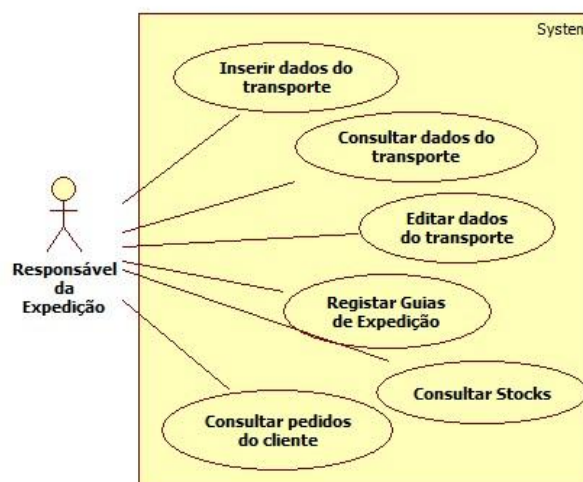


Figura 26 : Use Case - Subsistema Expedição

O diagrama de classes representado na figura 27 descreve o modelo de dados que irá suportar os subsistemas apresentados anteriormente. Este diagrama está representado com base na notação *Unified Modelling Language* (UML) da autoria de Booch G, et al (2005).

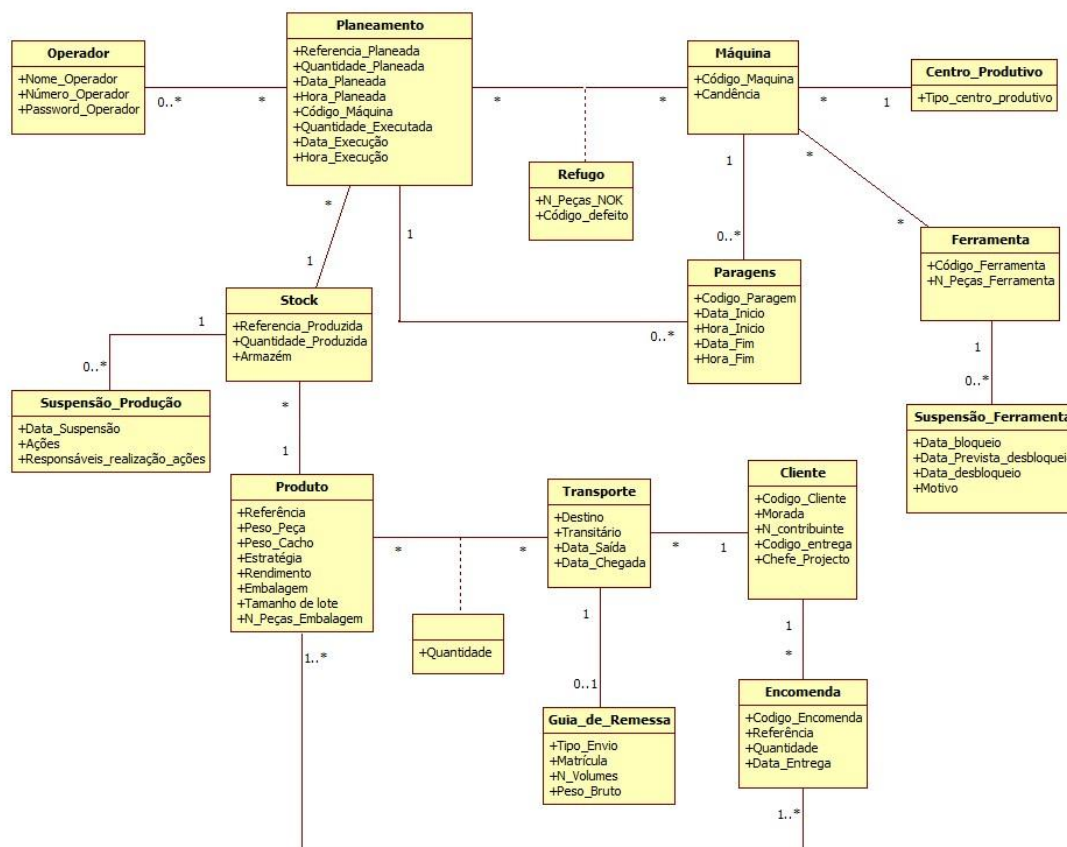


Figura 27 : Diagrama de Classes

O diagrama de classes representa as principais classes de informação, bem como os seus relacionamentos. A classe designada ‘Operador’, representa qualquer operador que tenha contacto com o sistema. Por exemplo, a classe ‘Operador’, é caracterizada por um nome, número atribuído pela empresa e uma *password* que lhe permite ter acesso ao seu perfil. Já o planeamento, para além dos seus atributos está relacionada com outras, sendo que, cada objeto desta classe pode ter associado zero ou mais operadores e cada operador pode ainda estar envolvido na execução de vários planeamentos.

O ‘Planeamento’ é executado numa ou várias ‘Máquinas’, caracterizadas pelo seu código, candências de produção e uma máquina é utilizada em vários planeamentos. A cada execução está associado um ‘Refugo’, sendo este o número de peças não conforme produzidas e o seu código de defeito. Os *stocks* são criados também pela execução do planeamento, sendo que se refere às peças boas produzidas nessa execução. A estes são associadas a referência da peça, a quantidade produzida e o armazém onde foi armazenada. O *stock* é caracterizado pela referência a que diz respeito, que por sua vez, é a principal característica do produto. Cada produto pode existir em vários *stocks* e tem ainda como

características o seu peso peça, peso do cacho, estratégia de produção, tamanho de lote, rendimento, tipo de embalagem e número de peças por embalagem.

O produto está associado a encomenda e a transporte. A encomenda caracteriza o pedido do cliente e é identificada por um código gerado pelo sistema e pela referência a que diz respeito, e tendo como atributos a quantidade e data de entrega dessa referência. O transporte caracteriza a forma como o produto vai chegar ao cliente e tem como atributos o seu destino, o transitário contratado, a data de saída e a data de chegada ao cliente.

Por fim a classe cliente é a que retém todos os dados deste, como o seu código dentro da organização, os seus dados fiscais, o seu código de entrega para se saber o tipo de contrato de transporte feito, e o nome do chefe de projeto dos produtos associados.

## **Capítulo 4    Conclusões & Bibliografia**

## 4.1 Conclusão

O presente trabalho retratou um estudo de análise e conceptualização de um sistema integrado de informação (SII), descrito em torno de três subsistemas de apoio à produção, ao planeamento e à expedição, no âmbito da empresa Sakthi Portugal, SA. Com esta solução pretende-se que a empresa ganhe uma estrutura mais flexível ao nível do planeamento produtivo, podendo vir a beneficiar de outras vantagens tais como uma diminuição de gastos em deslocação de pessoal, custos por *stocks* intermédios em excesso e custos com pessoal pelo tempo que despendiam a tratar a mesma informação em vários sítios diferentes.

Um dos problemas evidenciados ao longo do estudo derivam das falhas de informação ao longo do processo, não havendo um planeamento propriamente dito, mas antes um gerar de pedidos à produção, consoante as necessidades do momento, sem qualquer controlo consequente. Com a integração da solução proposta torna-se possível confrontar os valores da produção com a carteira de encomendas e fazer análises a médio e longo prazo, para tomada de decisões sustentadas. Para além disso, e tendo sido notado um constante desentendimento entre os intervenientes do controlo de expedições (gestor de clientes e gestor de expedições), achou-se que seria interessante incluir na solução uma componente de gestão dos transportes, vindo este a simplificar o processo de agendamento dos mesmos. Com este sistema deverá ser possível mapear-se os transportes marcados e rever as necessidades dos clientes para facilmente detetar falhas nos envios.

Sendo que a empresa está a estudar a possibilidade de subcontratar um novo fornecedor de serviços no que diz respeito ao seu sistema de informação, espera-se que a solução conceptualizada no âmbito do presente projeto constitua a base, em termos de documento de especificação de requisitos, conducente à parametrização da nova solução.

## 4.2 Bibliografia

Bocij, Paul and Greasley, Andrew and Hickie, Simon (2009). Business Information Systems: Technology, Development and Management. New York, FT Prentice Hall

- Booch, Grady and Jacobson, Ivar and Rumbaugh, James (2005). The Unified Modeling Language User Guide. New Jersey, Addison-Wesley
- Campos, M. P. e Davies, G. J. (1978), Solidificação e Fundição de Metais e suas Ligas. Livros Técnicos e Científicos Editora S. A
- Davenport, T. H. (1998). "Putting the Enterprise into the Enterprise System." Harvard Business Review. 121-131
- Fowler, Martin e Tortello, João (2005). UML Essencial: Um Breve Guia para a Linguagem-Padrão. Porto Alegre, Bookman
- Kaminsky, Philip and Kaya, Onur (2006). MTO-MTS Production Systems in Supply Chains. Missouri, Proceeding of 2006 NSF Design, Service, and Manufacturing Grantees and Reserch Conference. Grant #0092854
- Kroenke, David and Hatch, Richard (1993). Business information systems: an introduction. New York, Mitchell McGraw-Hill
- Kumar, S. A. and Suresh, N. (2009). Operations Management. New Delhi, New Age International Publishers
- Laudon, Kenneth and Laudon, Jane. (2006). Management Information System ( Managing the Digital Firm). New Jersey, Pearson/Prentice Hall
- O'Brien, James and Marakas, George (2008). Management information systems. Boston, McGraw-Hill/Irwin
- Paiva, L. M. G. (1999). Estratégia da Produção e Flexibilidade. Millenium. Viseu, Instituto Superior Politécnico de Viseu, Número 13
- Pereira, J. L. (1998). Tecnologia de Base de Dados. Portugal, FCA-Editora de Informática
- Ramos, R. A. (2006). Treinamento Pratico em UML. São Paulo, Digerati Books
- Roldão, V. S. (2002). Planeamento e Programação das Operações - na indústria e nos serviços. Portugal, Monitor



Scheer, A.-W. e. H., Frank (2000). ERP, Experiences and Evolution. Communications of the ACM, The Association for Computing Machinery. 43: 57-61

Schroeder, R. G. (1989). Operations Management: Decision Making in the Operations Function. New York, McGraw-Hill

Stair, R. M., G. Reynolds, (2008). Fundamentals of Information Systems. Boston, Course Technology

Stevenson, W. J. (2005). Operations Management. Boston, McGraw-Hill/Irwin

Suresh, S. A. K. e. N. (2009). Operations Management. New Delhi, New Age International Publishers

Videira, A. Silva, C. (2001). UML - Metodologias e Ferramentas Case. Portugal, Centro Atlântico

### **Netgrafia:**

Assis, R. (2011). "Planeamento e Controlo da Produção." Retrieved 04-03, 2012, from <http://rassis.com/>

Guedes, R. (2008). "Administração da Produção." Retrieved 22-02, 2012, from <http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/administracao-da-producao/25634/>.

Investopedia (2012). "Closed Loop MRP." Retrieved 02-03, 2012, from <http://www.investopedia.com/terms/c/closed-loop-mrp.asp#axzz1xIAQiPed>.

Sakthi Group (2012). Retrieved 05-02, 2012, from <http://www.sakthigroup.com/home.html>.